



ZEITSCHRIFT

FÜR

RATIONELLE MEDICIN.

HERAUSGEGEBEN

VON

Dr. J. HENLE,
Professor der Anatomie in Göttingen,

UND

Dr. C. v. PFEUFER,
Königl. Bair. Ober-Medicinalrath und Professor der speciellen Pathologie und Therapie
und der medicinischen Klinik in München.

Dritte Reihe. XVIII. Band.

Mit elf Tafeln.



LEIPZIG & HEIDELBERG.
C. F. WINTER'SCHE VERLAGSHANDLUNG.
1863.

3\7311

Inhalt des achtzehnten Bandes.

Erstes und zweites Heft.

Seite

Ueber den Mechanismus der Erection von *J. Henle*. (Hierzu Tafel I.) 1

Studien zur Physiologie und Pathologie des Gehirns als Seelenorgan von *Rudolph Wagner* in Göttingen. 14

Ueber den Blutstrom in der Leber, insbesondere den in der Leberarterie von Dr. *Wladimir Betz* aus Kiew. (Hierzu Tafel II.) 44

Genealogisches über Knorpelelemente von Dr. *W. Henke*. (Hierzu Tafel III.) 61

Die Wirkung des amerikanischen Pfeilgiftes und der künstlichen Respiration bei Strychnin-Vergiftung von Dr. *R. Richter* in Göttingen. (Hierzu Tafel IV.) 76

Beitrag zur Anatomie der Retinastäbchen. Von Dr. *Schiess* in Basel. (Hierzu Tafel V.) 128

Ueber die Endigung der Muskelnerven. Von *W. Krause*. (Hierzu Tafel VI. u. VII.) 136

Ueber Lymphgefässe im Colon der Katze. Von Demselben. (Hierzu Tafel VIII.) 161

Untersuchungen über den feinern Bau der Vogelmilz. Von Dr. *A. Timm* in Altona. (Hierzu Tafel IX.) 165

Die Leichenveränderung der Mundlippen bei neugeborenen Kindern. Von Prof. *H. Luschka* in Tübingen. 188

Drittes Heft.

Seite

Beiträge zur Lehre vom Puls, insbesondere vom doppelschlägigen. Von Dr. *Oswald Naumann,* pract. Arzt und Privatdocenten an der Universität zu Leipzig 193

Histologische und physiologische Studien. Dritte Reihe. Von *G. Valentin.* 217

Ueber den Einfluss der Leistung mechanischer Arbeit auf die Ermüdung der Muskeln. Von Dr. med *Theodor Leber* in Heidelberg. (Hierzu Tafel X. u. XI.) 262

Ueber den Mechanismus der Erection.

Von

J. Henle.

(Hierzu Tafel I.)

Wiederholte Untersuchungen der Muskeln der Dammgegend haben mich zu einer Theorie über den Mechanismus der Erection geführt, die ich zum Behuf einer Prüfung vom physiologischen Standpunkte vorläufig mittheile; die anatomischen Thatsachen, auf die sie sich stützt, werden in dem demnächst erscheinenden zweiten Hefte meiner Eingeweidelehre ausführlicher dargelegt werden; doch muss ich auch hier eine Uebersicht der Art, wie ich die Dammmuskeln in ihrem Zusammenhange auffasse, vorausschicken.

Die Muskeln der Dammgegend, — oder richtiger des Beckenausgangs — da der Name Damm sich eigentlich nur auf die Region zwischen After und Genitalien bezieht, — bilden drei Lagen, eine äussere und innere von wesentlich sagittalem, eine mittlere von wesentlich transversalem Verlauf. Die mittlere Lage ist auf den vorderen Theil des Beckenausgangs, auf den von den unteren Aesten der Scham- und Sitzbeine eingeschlossenen Raum beschränkt. Sie reicht vor- oder aufwärts bis in die Nähe des Lig. arcuatum pubis und erstreckt sich abwärts mehr oder minder weit gegen die vordere Spitze des Tuber ischiadicum. Die innere und äussere Lage, welche in der vorderen Hälfte des Beckenausgangs durch die mittlere Lage auseinander gehalten werden, fallen in der hinteren Hälfte desselben zusammen. Die äussere Lage besteht aus einer medianen, unpaaren Muskelmasse, die wie eine Diagonale den hinteren und vorderen Winkel des Beckenausgangs verbindet und aus einem Paar symmetrischer Muskeln, deren jeder dem Schenkel des Schambogens entlang verläuft.

Doch ist auch die mediane Muskelmasse einigermassen paarig, insofern sie durch die Afteröffnung (und beim Weibe durch die Genitalöffnung) in zwei Hälften zerfällt und auch beim Mann längs der unteren Fläche des C. cavernosum uretrae durch einen sehnigen Streifen getheilt wird. Der seitliche, symmetrische Muskel ist der M. ischiocavernosus; die mediane Muskelmasse wird zwischen dem After und dem Bulbus des Corp. cavernosum uretrae durch eine sehnige Inscription, die ich „transversales Septum der Dammmuskeln“ nenne, unterbrochen und in zwei Abtheilungen, den Sphincter ani und Bulbocavernosus geschieden.

Die innerste Muskellage des Beckenausgangs entspringt mit einer continuirlichen Reihe platter Bündel von der inneren Fläche der Beckenwand in einer vom unteren Rande der Schambeinsynchondrose gegen den Eingang des Canalis obturatorius erst auf-, dann zur Spina ischiadica wieder absteigenden Linie und von der ganzen innern Fläche der Spina ischiadica. Sie umfasst den M. levator ani und coccygeus der Handbücher; ich finde indessen, dass in der Regel der erstgenannte dieser beiden Muskeln sich leicht in zwei Abtheilungen zerlegen lässt, eine vordere, für die ich den Namen Levator ani beibehalte, und eine hintere, die ich Ischio-coccygeus nennen werde. Zum Levator ani in meinem Sinne gehören die vom Schambein bis zum Eingange des Can. obturatorius, und zwar direct am Knochen entspringenden Bündel, die mit ziemlich parallelen Fasern rück-, median- und abwärts ziehen, um sich, wie bekannt, zum Theil zwischen Prostata und Rectum von beiden Seiten her in der Mittellinie zu vereinigen, zum Theil an die Seitenwand des Rectum und an die innere und äussere Fläche der Steissbeinspitze zu befestigen. Der M. ischiococcygeus verläuft mit convergirenden Fasern von der Fascie des M. obturator int. zum Seitenrande der Steissbeinspitze und zu einem von derselben ausgehenden Sehnenstreifen (Lig. anococcygeum). Allmälig, wie diese Muskeln weiter hinten an der Seitenwand des Beckens entspringen, gehen sie aus der sagittalen Richtung mehr in die transversale über.

Ich komme zuletzt zu der mittleren, transversalen Lage, welche bezüglich ihrer Stärke und Ausbreitung den grössten Schwankungen unterworfen, daher auch am wenigsten übereinstimmend beschrieben ist. Sie bildet eine dreiseitige Wand, welche in der Flucht der vorderen Beckenwand, mit der Spitze vorwärts, mit der Basis rückwärts gerichtet und zwischen den Schenkeln des sogenannten Schambogens ausgespannt ist. Um sie von oben zu sehen, muss der Levator ani weggenommen

werden; von unten wird ein Theil derselben jederseits in dem Raume sichtbar, den der M. bulbocavernosus und ischiocavernosus einschliessen.

Insoweit dies Dreieck muskulös ist, hat man von Alters her an demselben einen M. transv. perinei superficialis und profundus unterschieden, von denen der erstere dem hinteren Rande und der Oberfläche näher liegt. Hierzu fügte Joh. Müller*) den schon von Guthrie beschriebenen M. constrictor isthmi uretralis. Die sehnige Platte, die dem M. constrictor isthmi uretralis zum Ursprunge dient und ihn gegen die Beckenhöhle hin bedeckt, nannte Müller Lig. ischioprostaticum. Ein sehniges Blatt, das die äussere Fläche des M. transv. perinei prof. überzieht, betrachtet man als mittleres Blatt der Fascia perinei und als Theil eines fibrösen Bandes, welches die vordere Spitze des Beckenausganges verschliessen und mit Oeffnungen für den Durchtritt der V. dorsalis und der Uretra versehen sein soll. Retzius**) endlich vereinfacht die Beschreibung der Muskeln und Bänder der vorderen Spitze des Beckenausgangs dadurch, dass er die obere und untere Fascie als ein kapselförmiges Band, Lig. pelvio-prostaticum capsulare, schildert, welches einerseits an das Becken, andererseits an die Prostata sich befestigen und zwischen seinen Blättern nebst dem M. constrictor isthmi uretralis die Uretra, die Cowper'schen Drüsen, Arterien, Venenplexus und Nerven einschliessen soll.

Präparirt man die Muskulatur des dreiseitigen Raums zwischen dem M. ischiocavernosus und bulbocavernosus vom Damme her, so stösst man zuerst auf eine Anzahl von Bündeln, welche in der Fettmasse dieser Region gleichsam zerstreut und nur von lockerem Bindegewebe umhüllt sind. Sie sind in Bezug auf Zahl, Stärke und Verlauf sehr veränderlich; die beständigsten gehen von der inneren Fläche des Tuber ischiadicum gerade medianwärts, um sich an das transversale Septum der Dammmuskeln anzusetzen oder mit gleichartigen Bündeln der entgegengesetzten Seite zu einem einfachen queren Muskel zusammenzufliessen oder in den Sphincter ani jenseits der Afteröffnung rückwärts umzubiegen. Andere Bündel, die ebenfalls am Tuber ischiadicum entspringen, treten schräg vor- und medianwärts zum M. bulbocavernosus, wieder andere in entgegengesetzter Richtung vor- und lateralwärts aus dem Sphincter zum Ischiocavernus. Einzelnen, unbeständigen Bün-

*) Ueber die organischen Nerven der erectilen männlichen Geschlechtsorgane. Berlin 1856.

**) Müller's Archiv 1849. S. 187.

deln endlich, welche im Bogen rück- und medianwärts zum Sphincter sich begeben, dient eine glänzende, sehnige Membran zum Ursprung, die zwischen den oberflächlichen Muskeln sichtbar wird, hinten mit scharfem queren Rande endet, vorn bis in die Spitze des dreieckigen Raums zwischen dem M. bulbo- und ischiocavernosus reicht.

Ich rechne alle, an der (bei aufrechtstehendem Körper) untern Fläche dieser Sehnenhaut gelegenen Muskelbündel, welches auch ihr Verlauf sei, zum M. transversus perinei superficialis. Die Sehnenhaut selbst nenne ich untere Fascie des M. transv. perinei prof.; was an Muskelfasern über derselben liegt, soll unter dem Namen eines M. transv. perinei profundus vereinigt werden, der dann gegen die Beckenhöhle hin wieder durch eine fibröse Haut, die obere Fascie des M. transv. perinei prof., gedeckt wird. Ich gebe also die Trennung, welche J. Müller zwischen Transv. perin. prof. und Constrictor isthmi uretralis herzustellen sich so sorgfältig bemüht hat, wieder auf, weil sie in der That eine künstliche ist und weil wir einen Ausdruck für das ganze mehr oder minder complicirte muskulöse Blatt, welches die vordere Spitze des Beckenausgangs einnimmt, nicht entbehren können. Wollte man aber die einzelnen Muskelzüge dieses Blattes, die sich nach ihrem Verlauf oder ihren Ansätzen von einander sondern lassen, als eigenthümliche Muskeln bezeichnen, so würde man, wie sich sogleich herausstellen wird, jedenfalls zu einer grösseren Anzahl, als den von Müller aufgestellten, gelangen.

Ich nannte das muskulöse Blatt, welches zwischen den Schenkeln des Schambogens ausgespannt ist, dreiseitig. Dies bedarf noch einer Berichtigung. Dreiseitig ist allerdings der Raum, den die Weichtheile schliessen; der Muskel aber, den man mit dem M. mylohyoideus am Unterkiefer verglichen hat, reicht nicht, wie der M. mylohyoideus, bis in die vordere oder obere Spitze des knöchernen Bogens, sondern endet unterhalb derselben, mit einem queren Rande und lässt ein Dreieck offen, welches folgendermassen ausgefüllt wird. Den vorderen Winkel rundet das Lig. arcuatum pubis ab; dies begrenzt von vorn her mit scharfem Rande die spaltförmige Lücke, durch welche in der Mitte die V. dorsalis penis (superficialis) in das Becken eintritt, seitlich der N. und die Art. dorsalis penis aus dem Becken hervortreten. Die hintere Begrenzung dieser Lücke bildet ein starkes, sehr straffes, rein bindegewebiges Band, welches mit transversalen Bündeln von einem Schambein zum andern ausgespannt, im sagittalen Durchmesser etwa 5 Mm. breit ist, vorn in die Adventitia der Vene sich verliert und

mit dem hinteren Rande sich wenigstens in der Mittellinie scharf gegen den vorderen Rand der eigentlich muskulösen Platte absetzt. Seitwärts, am Ursprunge, fliesst es jederseits vorn mit dem Lig. arcuatum pubis, hinten mit der Sehne zusammen, von welcher die Querfasern des M. transversus perinei prof. ihren Ursprung nehmen. Ich werde es im Folgenden unter dem Namen Lig. transversum pelvis aufführen.

Wenn die muskulöse Platte (die Mm. transv. perin. prof. nach meiner Bezeichnung) mit ihrem vorderen Rande den hinteren Rand des Lig. transversum pelvis berührt, so gleicht sie also vielmehr einem Trapez mit zwei parallelen und zwei convergirenden Seiten; die parallelen sind transversal, eine schmale vordere und eine breite hintere; die convergirenden entsprechen den Seitenrändern. Die Seitenränder sind zugleich die wesentlichen Ursprungsstellen des Muskels; es sind Sehnen, die mit zwei medianwärts zusammentretenden Blättern am Sitz- und Schambein entspringen und zwischen diesen Blättern in besonderen Fächern die Vasa pudenda und den gleichnamigen Nerven einschliessen. Die Sehne setzt sich, wie dies auch bei anderen Muskeln vorkömmt, auf die Fläche des Muskels, und zwar hier sowohl auf die obere als untere in Gestalt einer Fascie fort, deren jede selbst wieder an ihrer dem Muskel zugewandten, wie an ihrer freien Fläche Muskelfasern zur Anheftung dient. Wie erwähnt, haften an der freien obern Fläche der obern Fascie Bündel des Levator, an der untern freien Fläche der untern Fascie Bündel des M. transv. perin. superficialis.

Gegen die Mittellinie verliert sich die untere Fascie am Rande des Bulbus des C. cavernosum uretrae, die obere steigt auf die Seitenfläche der Prostata und weiter der Harnblase hinauf und bekleidet die reichen Venenplexus, die längs dem obern Rande der Prostata rückwärts verlaufen. Am hintern Rande des M. transv. perin. prof. kommen beide Fascien in einer scharfen Kante zusammen. Vor dem vorderen Rande des genannten Muskels gehen Venenzweige von dem Plexus pubicus impar quer herüber zur V. pudenda und vor diesen Venenzweigen vereinigen sich die obere und untere Fascie des Muskels in einer stumpfen Kante oder in einer, der vorderen Beckenwand parallelen Fläche, welche zunächst dem Knochen glänzende, feste Faserzüge von der Beinhaut her eingewebt erhält und an dieser Stelle mit dem Ursprunge des Lig. transversum pelvis innig verschmilzt, medianwärts dagegen allmälig dünner wird und mit dem untern Rande des genannten Bandes eine nur lockere Verbindung eingeht.

Was nun den innerhalb der beiden geschilderten Fascien eingeschlossenen Muskel betrifft, so ist dessen Anordnung und Mächtigkeit je nach den Individuen sehr verschieden und man thut wohl, zur Untersuchung desselben robuste Leichen aus kräftigem Mannesalter zu verwenden. Es ist dann leicht, die Muskulatur, die in der Nähe des hinteren Randes eine Mächtigkeit von 7—8 Mm. erreicht, in eine Anzahl von Blättern zu zerlegen. In diesen Blättern verläuft die Mehrzahl der Fasern transversal, entweder in der ganzen Breite beider Muskeln von Einer Seite zur andern oder durch eine mediane Linea alba unterbrochen; doch kommen auch sagittale und schräge, und zunächst der Uretra bogenförmige, die Uretra mehr oder minder vollständig umkreisende Fasern vor. Die sagittalen Fasern sind zuweilen mit ihrem vorderen Ende an den hinteren Rand des Lig. transversum pelvis angewachsen, so dass ihre Contraction den Erfolg haben muss, dies Band von der V. dorsalis penis abzuziehen. In andern Fällen verlängert sich der M. transversus perin. prof., und natürlich die obere Fascie mit ihm, in eine mediane Spitze, in welcher sich von beiden Seiten schräg medianwärts vordringende Fasern vereinigen; diese muskulöse Spitze tritt unter dem Lig. transv. pelvis hervor auf den Rücken des Penis, wo sie mit der fibrösen Hülle der Corpp. cavernosa verwächst. Als höchster Entwickelungsgrad kann man den Fall betrachten, wo der M. transv. perinei prof. in drei Schichten von verschiedenem Verlauf zerfällt, eine oberste transversale, eine mittlere schräge und eine untere sagittale. Die mittlere schräge besteht hauptsächlich aus median-vorwärts, dem lateralen Rande parallel verlaufenden Fasern; sie ist mit dem lateralen Rande festonartig an den knöchernen Beckenrand angeheftet, so dass zwischen dem Knochen- und Muskelrand halbkreisförmige Oeffnungen entstehen, durch welche die Venen der Corpp. cavernosa penis passiren, um zur V. pudenda zu gelangen. Die unterste Schicht ist von Luschka*) unter dem Namen einer Pars uretralis des Levator ani beschrieben und abgebildet. Doch ist sie vom Levator auch nach Luschka's Darstellung durch das Lig. triangulare pelvis getrennt. Ja man könnte Anstand nehmen, sie unserm Transv. perinei prof. zuzutheilen, da sie unterhalb der unteren Fascie dieses Muskels, zwischen ihr und der oberen Fläche des Bulbus der Uretra liegt. Auch besteht sie nicht blos aus Bündeln, die in engeren oder weiteren Bogen die Pars membranacea der Uretra an ihrer Ein-

*) In dieser Zeitschr. 3. R. Bd. IV. S. 108.

trittsstelle in das Corpus cavernosum umgeben, sondern auch aus rein sagittalen Fasern, die an der Oberfläche des Bulbus hinziehen und mit den tiefen Lagen des M. bulbocavernosus sich vermischen.

Zwischen der oberen und mittleren Lage des M. transv. perinei prof. liegt, nahe dem hinteren Rande, die Cowper'sche Drüse; zwischen den Blättern desselben findet man ferner auf frontalen Durchschnitten zahlreiche Querschnitte grösserer und kleinerer, zum Theil dünn-, zum Theil dickwandiger Venen, deren Wände indess nur einen sehr geringen Antheil von organischem Muskelgewebe enthalten. Eben die Anordnung dieser Venen ist es, die mir den ersten Anlass gab, dem M. transv. perinei prof. einen wesentlichen Antheil an dem Erections-Acte zuzuschreiben. Ein Blick auf Fig. 1, die Abbildung eines frontalen Durchschnitts des Beckens durch die Hüftgelenkpfanne, zeigt zur Evidenz, dass der M. transv. perinei profundus (17) sich nicht contrahiren kann, ohne die durch denselben rückwärts verlaufenden Venen zu pressen. Ebenso lehrt Fig. 2, welche die queren und schrägen Fasern des nämlichen Muskels darstellt, dass die am Seitenrande desselben gelegenen bogenförmigen Fasern, wenn sie sich zusammenziehen und gerade richten, die Venen gegen den Knochenrand andrücken müssen. Die Figur zeigt in der Mitte unter dem Durchschnitte der Uretra kleine, an den Seiten grosse Gefässlumina. Aus den mittleren kann man durch den Druck auf das C. cavernosum der Uretra Blut austreten machen; wenn man, während das Präparat unter Wasser liegt, eins der Corpp. cavernosa penis aufbläst, so steigen Luftblasen massenweise aus den seitlichen Venenöffnungen, und zwar fast ausschliesslich aus diesen auf. Es unterliegt also keinem Zweifel, dass man hier die Durchschnitte der tiefen Venen der Corpp. cavernosa des Penis und der Uretra vor sich hat, auf dem Wege, sich in die Vena pudenda einzusenken. Auch habe ich diese Venen wiederholt durch den M. transv. perinei profundus rückwärts zur V. pudenda, vorwärts zu den cavernösen Körpern verfolgt.

Ein tonischer Krampf des M. transversus perinei prof. unterbricht also den Rückfluss des Venenbluts aus den cavernösen Körpern und bewirkt, dass diese Körper durch Füllung mit Blut schwellen. Dies wird auch dann der Fall sein, wenn nicht alles Blut der cavernösen Körper durch den M. transv. perinei prof. fliesst, sondern ein Theil desselben durch die V. dorsalis abgeleitet wird. Denn es kommt, um die Erection zu Stande zu bringen, nicht auf absolute Hemmung des Rückflusses, sondern nur darauf

an, dass die Bahnen, durch die das Blut zu den Venenstämmen zurückkehrt, im Verhältniss zu den zuführenden Gefässen erheblich beschränkt werden. Ja es ist kaum denkbar, dass die Hemmung des Rückflusses, wenn sie eine totale wäre, ohne Nachtheil für die Ernährung der Gewebe so lange Zeit bestehen könnte, als die Erection mitunter, z. B. bei Paraplegischen, sich erhält.

Dass zwischen den beiden fibrösen Lamellen, die ich obere und untere Fascie des M. transv. perinei prof. benannt habe, nebst den Muskelfasern auch Gefässe und namentlich Venen verlaufen, ist nicht neu. Retzius gedenkt derselben ausdrücklich als Inhaltes seines sogenannten Lig. pelvio-prostaticum capsulare. Aber an eine Beziehung des Muskels zu den Venen und dadurch zur Erection zu denken, dies verhinderten zwei Vorurtheile. Das erste bestand darin, dass man nach einem animalischen Schliessmuskel der Uretra suchte und in unserm M. transv. perinei, dem Müller'schen Constrictor isthmi uretr., einen solchen gefunden zu haben glaubte; das andere Vorurtheil war, dass diejenigen, welche die Erection überhaupt als Folge eines Venenverschlusses betrachteten, die verschliessende Kraft vorzugsweise an der V. dorsalis angebracht zu finden meinten.

Was den ersten Punkt betrifft, so scheint freilich die Compression der Pars membranacea der Uretra von der Wirkung des M. transv. perinei prof. unzertrennlich zu sein; ja in manchen Fällen setzen sich von diesem Muskel aus fast vollkommen circuläre Faserzüge eine Strecke weit auf- oder abwärts an der Uretra fort. Es folgt daraus, dass zur Zeit, wo der M. transv. perinei prof. sich in Contraction befindet, die Uretra geschlossen und die Harnentleerung unmöglich ist, wie dies ja in der That, während der Erection, der Fall ist; es folgt aber nicht, dass der Muskel zur Verschliessung der Uretra geschaffen sei. Dem widerspricht, dass er seine grösste Stärke über dem Bulbus der Uretra, also an einer Stelle hat, wo er auf die Uretra keinen Einfluss hat (vgl. Fig. 1); dem widersprechen ferner die sagittalen und schrägen Züge des Muskels. Die zum Verschliessen der Uretra wenig geeignete Lage eines Theils der Muskelfasern hat schon Retzius bemerkt und deshalb die Frage aufgeworfen, ob sie nicht vielmehr als Antagonisten des Schliessmuskels (Dilatator uretrae) aufzufassen seien. Als den wirklichen animalischen und demnach willkürlichen Sphincter der Blase betrachte ich den von Kohlrausch*) sogenannten Sphincter uretrae prostaticus,

*) Zur Anatomie und Physiologie der Beckenorgane. Lpz. 1854. S. 30.

Bündel animalischer Muskelfasern, den starken organischen Quermuskelzügen beigemischt, die einen wesentlichen Theil des vordern Lappens der Prostata ausmachen.

In Bezug auf den zweiten Punkt, den an der Vena dorsalis gesuchten Hemmungsapparat des Rückflusses des Blutes, muss eine genauere Erwägung der Umstände, wie ich glaube, zu der Ueberzeugung führen, dass ein solcher den Zwecken der Erection nicht förderlich sein würde. Die V. dorsalis ist Hautvene; sie nimmt von dem Blute des Corp. cavernosum uretrae den grössten Theil, von dem Blute der Corpp. cavernosa penis einen verhältnissmässig geringen Theil auf*). Da nun der Penis zu seiner Function um so geschickter ist, je grösser die Kraft, mit der das Blut in den Corpora cavernosa penis zurückgehalten wird, da es dagegen einer gewaltsamen Dehnung des C. cavernos-uretrae nicht bedarf und eine Ansammlung des Blutes in den Venen der Haut und des subcutanen Gewebes sogar hinderlich wäre, so begreift es sich, warum die eigentliche Absperrung sich auf die tiefen Venen der Corpp. cavernosa penis und einen Theil der Venen des C. cavernosum uretrae beschränkt. Die V. dorsalis und deren Fortsetzungen, die Vv. pudendae, sind, gleich den entsprechenden Arterien, von fibrösen Gebilden umgeben und dadurch vor jedem Druck bewahrt; vielmehr haben die Querfasern des M. transv. perinei prof., die von der fibrösen Scheide der V. pudenda entspringen, und die Längsfasern desselben Muskels, insofern sie mit dem Lig. transversum pelvis zusammenhängen, bei ihrer Contraction die Nebenwirkung, dass sie, während sie die tiefen Venen zusammendrücken, zugleich die oberflächlichen und den gemeinsamen Stamm freier machen (vgl. Fig. 2).

Da die Erection ein dem Willen entzogener Process ist, so erregt es vielleicht Bedenken, dass die Hauptrolle bei demselben einem quergestreiften Muskel zufallen soll. Es ist kaum nöthig zu erinnern, dass es noch andere Organe gibt (Herz, Oesophagus), deren Bewegungen, wiewohl unwillkürlich, doch

---

*) Auch Kobelt (die männl. und weibl. Wollustorgane. Freib. 1844. S. 27), der die von Joh. Müller sogenannten Emissaria venosa, die aus dem C. cavernosum penis zur V. dorsalis aufsteigenden Zweige, sehr wohl kannte, hält doch für die Hauptabzugsquellen des Blutes der Corpp. cavernosa penis die aus dem Winkel der Crura penis hervorbrechenden Venenstämme, die sich seitlich von der V. dorsalis unter den Schambogen begeben und hinter demselben, seiner Angabe zufolge, in den Plexus vesicalis und prostaticus ergiessen sollen. Das Letztere ist nur zum Theil richtig; die Hauptstämme dieser Venen gehen schliesslich in die V. pudenda über.

von quergestreiften, animalischen Muskeln vollzogen werden. An der Erection betheiligen sich die organischen Muskeln der Genitalien auf eine andere Weise. Sie wird eingeleitet durch eine leichmässige, passive Füllung der sämmtlichen cavernösen Körper des Penis und diese ist nur möglich durch Erschlaffung sowohl der Gefässe als der muskulösen Hüllen und Bälkchen des cavernösen Gewebes. Das Verhältniss, in welchem die organischen Muskelfasern des cavernösen Gewebes zu dem animalischen Nervensystem stehn, ist ein antagonistisches der Art, wie ich es zwischen den organischen Muskeln der Gefässwände und den animalischen Nerven längst nachgewiesen habe: die geschlechtliche Reizung, gehe sie nun von der Seele oder von den sensibeln Nerven der Genitalien aus, hat Erschlaffung jener Muskeln im Gefolge. Dadurch schwillt der Penis, bleibt aber weich, bis eine Ursache hinzukömmt, die das angehäufte und ferner nachströmende Blut in den Maschenräumen zurückhält und dadurch die Hüllen der cavernösen Körper spannt. So wirkt der tonische Krampf animalischer Muskelfasern, der die Venen comprimirt. Hat die Aufregung ihren Gipfel erreicht, so kehren sich die Zustände um; die animalischen Muskeln erschlaffen und die organischen gewinnen ihren Tonus wieder oder beginnen nun erst ihre Thätigkeit. In Folge der Zusammenziehung der Samenblasen, Vasa deferentia, Prostata, füllt sich die Uretra mit Flüssigkeit; noch ehe die Muskeln des cavernösen Gewebes Zeit hatten, das Blut auszutreiben und den Penis auf das gewöhnliche Volumen zurückzuführen, ist durch Reflexion von der Uretraschleimhaut aus ein bis dahin unthätiger Muskel ins Spiel gezogen, der Bulbocavernosus, dessen klonische Contractionen den hintern Theil der Uretra zugleich verengen und verkürzen und so deren Inhalt im Strahl austreiben.

Während der Dauer der Erection ist der M. bulbocavernosus nicht in Anspruch genommen. Dies ist leicht dadurch zu beweisen, dass er ebenso, wie zu jeder andern Zeit, willkürlich bewegt werden kann. Dagegen nimmt ohne Zweifel der M. ischiocavernosus und vielleicht auch ein Theil des Levator, dessen Fasern sich über dem Bulbus uretrae mit Fasern des Transv. perinei profundus mischen, an dem tonischen Krampf des letztern Theil. Der Ischiocavernosus hat zunächst die Aufgabe, einen Druck auf die Wurzel des Corp. cavernosum penis auszuüben und so zu verhindern, dass der hintere Theil desselben vorzugsweise ausgedehnt werde. Zweige der V. profunda, die zwischen Fasern des Ischiocavernosus hindurchgehen, gerathen schon hier, gleich bei ihrem Austritt

aus dem Corp. cavernosum, in die Klemme. Möglich, dass der genannte Muskel auch dadurch zur Vervollkommnung der Erection beiträgt, dass er die auf der obern Fläche des Corp. cavernosum verlaufenden Venen gegen den gespannten M. transv. perinei prof. und dessen Fascie andrängt. Dass der M. ischio-cavernosus zur Unterstützung der Compression der Venen verwendet werden kann, beweist eine allerdings seltene Varietät desselben: der Houston'sche Compressor venae dorsalis*), eine Varietät, welche Houston mit Unrecht als Norm beschrieb, welche man aber eben so ungerechter Weise gänzlich abgeläugnet hat. Es ist ein abirrendes Bündel des M. ischio-cavernosus, welches über der V. dorsalis und den gleichnamigen Arterien und Nerven mit dem entsprechenden Bündel der andern Seite zusammenfliesst, während der auf den Rücken des Penis vordringende M. transv. perinei prof. unterhalb dieser Gefässe und Nerven liegt.

Zwischen den animalischen Muskeln der Dammgegend finden sich an mehreren Stellen Anhäufungen organischer Muskeln, jedoch ohne nähere Beziehungen zu den Gefässen. Eine mächtige Schicht transversaler organischer Muskulatur liegt über dem Bulbus der Uretra, zwischen diesem und der medianen Verbindung der hintersten Fasern des M. transv. perinei prof. Das Stratum transversum superius des Müller'schen Constrictor isthmi uretralis, welches die Spitze der Prostata bedeckt, besteht aus organischem Muskelgewebe; es steht im Zusammenhang mit Lagen organischer Muskelfasern, die der obern Fascie des M. transv. perinei prof. eingewebt sind und gegen den hintern Rand der Fascie an Stärke zunehmen. Auch zwischen den beiden Fascien des M. transv. perinei prof., in Berührung mit dem vordern Rande der animalischen Muskulatur, finde ich einen stärkeren oder schwächeren selbstständigen Querstrang von organischem Muskelgewebe.

Den vordern Theil des Beckenausganges beim Weibe nimmt ein dem Transv. perinei prof. des Mannes ganz ähnlicher Muskel ein, ebenfalls zwischen zwei Fascien, wovon die obere Bündeln des Levator, die untere Bündeln des M. transv. perinei superficialis zum Ursprunge dient. Die beiderseitigen Muskeln lassen Lücken zum Durchtritt der Uretra und der Vagina und schliessen zwischen ihren Bündeln Venen ein, die sich peripherisch zu den Corpp. cavernosa verfolgen lassen. Doch habe ich einmal an dem Becken einer etwa 30jährigen robusten Frau vergeblich nach einem animalischen M. transv. perinei

*) Dublin hosp. reports 1830. Vol. V. p. 458.

prof. gesucht; den Raum zwischen den beiden Fascien erfüllten nebst den Blutgefässen nur Bündel organischer Muskelfasern. Ich glaube auch dies zu Gunsten der vorgetragenen Theorie auslegen zu dürfen, denn erstens kann der M. transv. perinei prof. des Weibes nicht die Bedeutung eines Sphincter uretrae haben, da die Uretra hier in ihrer ganzen Länge von animalischen Fasern umgeben ist und nur in einer Strecke von wenigen Millimetern innerhalb des M. transv. per. prof. eingeschlossen ist. Und zweitens dürfte dieser Muskel, wenn er eine Beziehung zur Uretra hätte, beim Weib nicht unbeständig sein, was ihm dagegen wohl erlaubt ist, wenn seine Function beim Weibe derjenigen gleicht, die wir ihm beim Manne zugetheilt haben. Eine passive Schwellung der Corpp. cavernosa wird in jedem Falle auch beim Weibe die geschlechtliche Aufregung begleiten; wenn es aber nicht zur wirklichen Erhärtung der Corpp. cavernosa clitoridis kommt, so wäre dies wenigstens kein Unglück.

Schliesslich will ich einen Einwurf nicht mit Stillschweigen übergehen, den ich mir im Laufe dieser Untersuchung öfters gemacht habe. Einzelne Venenzweige sieht man nämlich von arteriellen Gefässen und von Nerven begleitet und müsste also annehmen, dass der Druck, der die Venen zu schliessen bestimmt ist, gelegentlich auch den Arterien und Nerven sich fühlbar mache. Was aber die Nerven betrifft, so lehrt die Betrachtung ihres Verlaufs an den Extremitäten, dass sie den Druck, den die Muskelcontraction ausübt, nicht zu scheuen haben; ja wenn man die Lage entsprechender Gefäss- und Nervenstämme an den Extremitäten vergleicht, gewinnt es vielmehr den Anschein, als suchten die letztern geflissentlich den Weg durch Muskeln, während die Gefässe zwischen Knochen und fibrösen Gebilden geschützt verlaufen. So durchbohrt der Nervenstamm, der die Art. interossea dorsalis der obern Extremität begleitet, den M. supinator; während ferner die Art. tibialis antica durch einen Schlitz des Lig. interosseum auf die Vorderfläche des Unterschenkels gelangt, drängt sich der zugehörige Nerv zwischen den Bündeln des M. peroneus longus hindurch. Beispiele, wo der Nerv Eines Muskels seinen Weg durch die Bündel eines andern nimmt, liegen zahlreich vor. Hält man dies zusammen mit der Structur der Scheide der secundären Nervenbündel, welche, wie ich vor Jahren beschrieb*), aus mehrfachen Schichten querfasriger elastischer Häute besteht, so muss man zu dem Schlusse gelangen, dass

*) Canstatt's Jahresbericht 1851 Bd. I. p. 27.

eine innerhalb gewisser Grenzen sich haltende Compression der Nervenfasern ihre Function eher fördert als stört.

Den Bedenken, zu welchen die zwischen den Schichten des M. transv. per. prof. verlaufenden arteriellen Aeste Anlass geben, lässt sich Folgendes entgegenstellen. Erstens sind es stets nur untergeordnete, dem Corp. cavernosum uretrae oder der Prostata bestimmte Zweige der Art. bulbocavernosa, welche jene Lage einnehmen. Die Art. prof. penis geht von dem gemeinschaftlichen Stamm immer erst jenseits des Lig. transversum pelvis ab. Zweitens ist es denkbar, dass der Druck, der zur Verschliessung der Venen hinreicht, von der Kraft, mit der das Blut in den Arterien sich bewegt, überwunden werde. Drittens endlich sah ich so häufig eine Anordnung einzelner Muskelbündel, die offenbar auf Verschliessung einzelner Venenzweige berechnet war, dass ich auch das Umgekehrte für möglich halten muss, eine Anordnung, durch die das eine oder andere Gefäss, obgleich in der Muskelmasse eingebettet, dem Druck entgeht.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Frontalschnitt des Beckens durch die Mitte der Pfanne. Halbe Lebensgrösse.

1. Acetabulum.
2. Durchschnitt des Sitzbeins.
3. M. obturat. int., Querschnitt.
4. M. obturat. ext.
5. M. levator ani.
6. Harnblase, Frontalschnitt.
7. Prostata, Frontalschnitt.
8. Querschnitt des Duct. ejaculatorius.
9. Querschnitt des Bulbus uretrae.
10. M. ischiocavernosus, Querschnitt.
11. M. bulbocavernosus.
12. Zweige der V. bulbocavernosa, den Bulbus der Uretra umgebend.
13. N. dorsalis penis.
14. V. pudenda.
15. Art. penis, sämmtlich in Querschnitt.
16. Plexus venosus prostatico-vesicalis.
17. M. transv. perinei prof.
18. Dessen obere Fascie.
19. Dessen untere Fascie.
20. Venae profundae penis.
21. Venae bulbocavernosae.

Fig. 2. Ansicht der vordern und eines Theiles der untern Beckenwand, von innen; die Uretra ist dicht über dem Eintritt in den M. transv. perinei

profundus durchschnitten, die obere Aponeurose dieses Muskels weggenommen. Natürliche Grösse.

1. Durchschnitt des Schambeins.
2. Durchschnitt des Sitzbeins.
3. Durchschnitt der M. obturator int.
4. Durchschnitt der Fascia obturatoria int.
5. Bündel des M. levator ani, am Ursprunge abgeschnitten.
6. Uretra.
7. V. pudenda, der Länge nach geöffnet.
8. Querschnitt der Art. penis.
9. Querschnitt des N. dorsalis penis.
10. Querschnitt des C. cavernosum uretrae.
11. M. ischiocavernosus.
12. M. bulbocavernosus.
13. Medianes Septum der Mm. bulbocavernosi.
14. M. transv. perinei profundus.

15. 16. Venae proff. penis, quer durchschnitten.

17. Venae bulbocavernosae, quer durchschnitten.

Studien zur Physiologie und Pathologie des Gehirns als Seelen-Organ.

Von

Rudolph Wagner in Göttingen.

Der Wunsch, meinen fragmentarischen Mittheilungen über die Hirnfunctionen mehr Zusammenhang und in diesem so überaus dunklen Gebiete wenigstens einiges Sichere und Uebersichtliche zu geben, veranlasst mich zur Publikation der beiden folgenden kleinen Abhandlungen in dieser Zeitschrift, wozu mein verehrter College Henle willig die Hand geboten hat. Nach der Natur des Ortes (Sitzungsberichte der K. Sozietät d. Wissensch. in den „Nachrichten"), an welchem diese Mittheilungen gegeben worden sind, müssen sie den Aerzten nur wenig zugänglich sein und gerade um deren Theilnahme ist es mir zu thun*).

*) Unbegreiflich sind die häufig ganz unrichtigen Citate dieser Berichte, selbst an Universitätsstädten, wo sie doch gewiss gehalten werden. So finde ich soeben, dass Prof. von Bezold in Jena meine Abhandlung: „Experimente über die Innervation des Herzens" in seiner neuesten Mittheilung „über den Einfluss des Halssympathicus auf die Bewegungen des Herzens" im Monatsbericht der K. preuss. Academie d. Wissensch. zu Berlin, Juni 1862 citirt unter: „Göttinger gelehrte Anzeigen 1859." Die „Nachrichten" bilden aber blos ein Beiblatt zu den gelehrten Anzeigen und es kostet der ganze Jahrgang nur 15 Sgr. Wiederholt sind mir direct und indirect (durch den Buchhandel) Bestellungen auf meine Mittheilungen in den Nachrichten zugegangen und gehen mir noch jetzt öfter zu. Ich besitze jedoch nur noch einzelne Nummern der von mir vielfach vertheilten Separat-Abdrücke. Der oben von Bezold citirte Aufsatz steht in den „Nachrichten" von 1854, ist aber auch abgedruckt in meinen: Neurologischen Untersuchungen. Göttingen 1854. S. 215. — Unexacte Citate sind ein sehr unerwünschtes Element in der Literatur!

Ohne weitere klinische Mittheilungen über Hirncasuistik kann ich aber in meinen Forschungen nicht weiter vorwärts gehen. Verfolgung der Seelen-Thätigkeiten und ihrer Sitze im Gehirn ist nur am Menschen möglich. Untersuchungen an Thieren geben nur höchst dürftige, wenn auch für gewisse allgemeine Fragen wichtige Supplemente.

Ich wiederhole in dieser Beziehung meine früheren Bitten an die ärztliche Welt.

Zugleich erlaube ich mir, auf einige ikonographische Publicationen der beiden letzten Jahre aufmerksam zu machen, in welchen die praktischen Aerzte eine genauere Darstellung und topographische Terminologie der Hirnwindungen finden, wodurch es möglich wird, stets bei Sectionen den Ort von localen Störungen in der Hirnrinde zu bezeichnen:

Vorstudien zu einer wisssenschaftlichen Morphologie und Physiologie des menschlichen Gehirns als Seelen-Organ.

Erste Abhandlung. Ueber die typischen Verschiedenheiten der Windungen der Hemisphären und über die Lehre vom Hirngewicht, mit besonderer Rücksicht auf die Hirnbildung intelligenter Männer. Mit 6 Kupfertafeln. Göttingen 1862. 4. Dietrich'sche Buchhandlung.

Zweite Abhandlung. Ueber den Hirnbau der Mikrocephalen mit vergleichender Rücksicht auf den Bau des Gehirns der normalen Menschen und der Quadrumanen. Mit 5 Steintafeln. Göttingen 1862. 4.

I.

Kritische und experimentelle Untersuchungen über die Functionen des Gehirns.

Neunte Reihe. Ueber einige merkwürdige pathologische Fälle zur Erläuterung der Beziehungen einzelner Theile des grossen Gehirns zu bestimmten psychischen Functionen*).

Einer der intelligentesten Aerzte Frankreichs, Herr Broca, der das Glück hat, als Chirurg am Bicêtre in Paris, als eifriges

*) Vgl. Nachrichten von der G. A. Universität und der Königl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. 1862. Nr. 11. Den 14. Mai. (Sitzungsbericht vom 3. Mai.)

Mitglied in der Société anatomique und in der Société d'Anthropologie, seine pathologischen Wahrnehmungen besprechen, prüfen und als Grundlage für seine anziehenden physiologischen Forschungen verwerthen zu können, hat jüngst zwei pathologische Fälle von höchster Wichtigkeit für die Physiologie des Gehirns publicirt*). Ich setze eine kurze Darstellung dieser beiden Erfahrungen hier einer fast in gleicher Zeit von mir gemachten Beobachtung voran. Alle drei Fälle geben der Lehre von der Abhängigkeit gewisser psychischer Thätigkeiten von bestimmten Stellen im grossen Gehirne (also in bedingter Weise der Lehre von der Localisation der Seelenvermögen) eine, wie es scheint, sichere Stütze, welche das, was Gall geahnt und seine Schule, wenn auch in falscher Weise gesucht, aber nicht gefunden hat, im Wesentlichen festzustellen scheint.

In zwei ganz vortrefflich analysirten Fällen von Verlust der Sprache bei bestimmten Leiden gewisser Windungen des Stirnlappens — welche Analyse erst möglich wurde durch die neueren anatomischen Forschungen und die Fixirung einer Terminologie für das Windungssystem der Hemisphären — hat Broca gefunden, dass der öfter bezweifelten Behauptung von Bouillaud, wornach bei der Sprache vorzüglich die Stirnlappen betheiligt sind**), eine gewisse, unzweifelhafte Wahrheit zu Grunde liegt. In beiden Fällen war dem pathologischen Process nach auf verschiedene, aber der Localisation nach auf identische Weise, das einemal durch chronische, sich 21 Jahre lang hinziehende Erweichung, das andremal durch ein apoplektisches Extravasat während $1^1/_2$ Jahren, die zweite und dritte Frontal-Windung der linken Hemisphäre zerstört und beide Male bei voller Integrität der Intelligenz, der Beweglichkeit der Zunge und der andren Sprachwerkzeuge und bei erhaltener Fähigkeit, durch eine Zeichensprache ganz sachgemäss zu antworten, das Vermögen zu sprechen bis auf ein oder Paar Worte vollkommen verloren gegangen.

Im ersten Falle blieb das Leiden auf den Verlust der Sprache zehn Jahre lang auf gleicher Stufe beschränkt, bis in der Folge halbseitige Lähmung von der oberen zur unteren Extremität fortschreitend auf der rechten Körperseite

*) Sur le siége de la faculté du Langage articulé avec deux observations d'Aphémie (Perte de la parole) par le Dr. Paul Broca, Prof. de médecine, Chirurgien de l'hôpital de Bicêtre. Paris 1861. 8. 40 pp. (Extrait des Bulletins de la Société anatomique de Paris Tome VI. août 1861.)

**) Hierüber, sowie über die Entgegnungen, kann man das treffliche, auch in seinen Citaten immer zuverlässige Werk von Longet nachsehen.

eintrat. Herr Broca zeigt auf scharfsinnige Weise an den Ergebnissen der Section, wie ein primärer Heerd sich ergibt, die Erweichung dann später auf den Stammlappen (die Insel) und den Streifenhügel fortging, woraus sich die rechtsseitige Lähmung erklärt. Der Leidende konnte nur ein einsylbiges, bedeutungsloses Wort „Tang“ hervorbringen, was er auch wohl zweimal wiederholte und womit er auf alle Fragen antwortete, weshalb ihn die andren Invaliden seiner Abtheilung des Bicêtre mit dem Namen „Tang-Tang“ belegten. Nur wenn er heftig erregt war, was öfter geschah, stiess er in den früher viel gebrauchten Schwur aus: sacré nom de Dieu. Erst ganz zuletzt trat eine Schwäche der Intelligenz auf. Broca zeigt auf scharfsinnige Weise, dass sich zwei Hauptperioden nachweisen lassen, wovon die zweite in zwei weitere Momente zerfällt, nach folgendem Schema:

Läsionen:	Symptome:
Erste Periode: (10 Jahre)	
Erweichung einer Stirnwindung (wahrscheinlich der dritten)	Einfache Aphemie.
Zweite Periode: (11 Jahre)	
a) Fortsetzung auf den linken Streifenhügel	Gekreuzte Bewegungslähmung.
b) Erweichung des ganzen linken Stirnlappens; allgemeine Atrophie der Hemisphären.	Schwäche der Intelligenz.

Der zweite Fall bestätigt nicht nur den ersten, sondern stellt ein noch reineres Ergebniss dar. Der Kranke hatte die Sprache in Folge eines apoplektischen Anfalls plötzlich verloren, worauf der Zustand, bei wieder erlangter voller Intelligenz, gleichmässig $1^1/_2$ Jahre dauerte. Er begleitete seine Zeichensprache mit den vier Worten: oui, non, tois (statt trois) und toujours. Als fünftes unvollkommenes Wort sprach er seinen Namen Lelo statt Lelong aus, wenn er nach demselben befragt wurde. Die Section ergab einen apoplektischen Heerd ebenfalls im linken Vorderlappen, welcher die dritte Stirnwindung und theilweise die zweite betraf. Alle übrigen Hirntheile waren gesund.

In beiden Fällen gibt Broca die genaueste anatomische Analyse, mit sorgfältiger Wägung der Hirntheile u. s. w.

Diese Fälle, welche wegen ihrer geringen Complication, grossen Reinheit und Uebereinstimmung unter einander für die Lehre von der Localisation ungemein wichtig sind, zeigen

auch den Werth der genauen Kenntniss des Verlaufs der Windungen für das pathologisch-anatomische Studium. In beiden Fällen des Sprachverlusts waren dieselben Windungen sogar in den gleichen Punkten, unmittelbar hinter ihrem mittleren Drittheil, vis à vis der Insel, auf der linken Seite ausschliesslich die materiellen Träger des Leidens. Die physiologische Erscheinung war die klar concipirte Tendenz zur Bildung articulirter Laute, die jedoch, bis auf einige einsylbige Worte, nicht realisirbar erschien.

Der von mir beobachtete Fall betrifft die $3^1/_2$ Monate dauernde Krankheit unseres ausgezeichneten Universitäts-Kupferstechers Loedel. Derselbe wurde von unserem Collegen Herrn Marx ärztlich behandelt; die Section wurde vom Herrn Professor Krause in der Anwesenheit der Herren Marx und Baum und von mir gemacht.

Loedel hatte im ganzen Sommer für mich Gehirne gezeichnet, wobei ich ihn oft sah. Er war fast immer wohl und voller Arbeitskraft. Nur klagte er hie und da über Magenbeschwerden. Es fiel mir auf, dass der 62jährige sehr rüstige Mann, der nicht leicht eine Arbeit ablehnte, doch, vielleicht in Folge dieses Gefühls von Unwohlsein, den Stich der Platten für die zweite Abtheilung meiner Vorstudien nicht übernehmen wollte und zum Steindruck rieth. Seine Frau bemerkte Anfangs August des vorigen Jahres, dass er ihr, während sie wie gewöhnlich in seiner Nähe bei seiner Arbeit sass, häufig dieselben Geschichten wieder erzählte und zwar sehr kurz nach einander, wo er dann sehr erstaunt war, wenn sie ihm sagte, er habe ja dasselbe schon soeben einmal erzählt. Dies führte bald zur ärztlichen Behandlung und zur sichtlichen Ueberzeugung, dass Lödel sein Gedächtniss für alle kürzlich stattgehabten Ereignisse verloren hatte. Hierauf beschränkte sich sein ganzes Leiden, das ihn aber sofort viel beschäftigte, in grosse Unruhe versetzte, über das er immer grübelte, worüber er immer sprach, so dass der sonst so berufsthätige, stets beschäftigte Mann bald in völlige Arbeitslosigkeit verfiel. Kam man zu ihm, erzählte man ihm bestimmte Ereignisse, so wunderte er sich darüber, hatte aber alles nach fünf Minuten complet vergessen, so dass sich dieselbe Mittheilung, dieselbe Verwunderung und Vergesslichkeit zehn Mal in einer halben Stunde auf völlig gleiche Weise wiederholen konnten. Dabei war die Satzbildung ganz perfect, die Erinnerung an die Jugendzeit ganz vollkommen. So entwickelte er mir Anfang September die Schilderung seines ersten Aufenthalts in Göttingen, seine Ausbildung als Künstler mit grösster

Präcision, wobei er jeden einzelnen Umstand, jede Jahrszahl, jeden Namen ohne alle Schwierigkeit aussprach. Nur wenn ich ihn um sein Alter befragte, sagte er jedes Mal: schreiben wir jetzt 1860 oder 1861? dabei nirgends eine Spur von Schmerzen, Lähmung oder Zuckungen. Er begleitete mich immer nach seiner Gewohnheit über die erste Treppe seines Hauses und ging täglich spazieren. Nach meiner ungefähren Berechnung erstreckte sich das Vergessene der Vorgänge in der Stadt zuerst etwa auf ein halbes Jahr, dann auf ein ganzes und so allmälig weiter zurück. Alle ihm früher bekannte Personen erkannte er stets sogleich. Mitte October bemerkte ich zuerst neben vermehrter Unruhe grössere Schwierigkeit sich auszudrücken. Das nöthige Besinnen nach einzelnen Worten, die mangelnde Fähigkeit zur richtigen Satzbildung nahm rasch zu. Er war z. B. oft verlegen, die richtigen Worte für eine ihm offenbar im Geiste präsente Bezeichnung z. B. für meinen Titel zu finden. Auffallend war, dass er bald jedes Gespräch, jeden Satz mit einer alten Phrase begann oder schloss, die er früher öfter zu gebrauchen pflegte, z. B. „diese Geschichte" oder „die Sache ist die". Anfang October hatte er noch einen ganz ordentlichen Brief an seinen Sohn nach Leipzig geschrieben und gemeldet, es gehe besser. Um diese Zeit fertigte er seine letzte Arbeit, Schädelumrisse in Holzschnitt für den Bericht über unsere anthropologische Versammlung von K. E. v. Bär und mir. Jedoch musste seine Frau immer dabei stehen; hatte er uns, von der Arbeit aufstehend, zur Thüre begleitet, so hatte er auch sogleich die Arbeit selbst complett vergessen und war höchlich über dieselbe verwundert, als ihn seine Frau wieder hinführte. Immer war sein Puls gleichmässig wie im gesunden Zustande. Doch hatte er einzelne Tage heftigen Kopfschmerz. Am 24. October war er noch mit seiner Frau nach dem 1/2 Stunde von Göttingen entfernten Orte Geismar gegangen, doch ward ihm der Rückweg schwer. Den 27. October traf ich ihn zu Bette, das er nun nicht mehr verliess; der Puls war etwas frequenter, die Pupille, wie immer, unverändert, ebenso die Sinnesthätigkeit. Er kannte mich vollkommen, klagte über seinen Zustand mit den Worten: „Gott, was über die Menschen kommt", „Müssen zusehen". Jene bekannte eigenthümliche Verwechselung der Worte, wo ein ganz anderes Wort für das richtige gesetzt wird, das zu sagen wäre, das man bei Leiden der Rindensubstanz öfters findet, kam nicht vor. Um diese Zeit bemerkte ich zum ersten Male plötzliche Verdrehung der Augen, Zuckungen am Mundwinkel rasch vorübergehend. Sein Sohn war

in den letzten Tagen des Octobers eingetroffen; Lödel kannte ihn Anfangs nicht und nannte ihn Sie, statt Du. Ebenso erging es ihm jetzt mit einigen anderen Personen. Nun verlief die Krankheit rasch. Eignes Unwohlsein hinderte mich an ferneren Besuchen und ich sah ihn erst bei der Section der Leiche am 23. November wieder. In den letzten zehn Tagen war Lähmung auf der rechten Körperseite, sowie Lähmung der Sphinkteren eingetreten.

Eine bestimmte Diagnose über Sitz und Art des Hirnleidens zu stellen, war begreiflich nicht möglich. Ich hatte immer eine Erweichung einer Stelle der Hirn-Oberfläche im Auge. Dass die linke Hemisphäre vorzugsweise betroffen war, ergab die schliessliche rechtseitige Lähmung. Ich wusste, dass Treviranus aus einigen wenigen ihm bekannt gewordenen Fällen den Balken (corpus callosum) vorzüglich beim Gedächtniss betheiligt glaubt*), ebenso wusste ich aus einer mündlichen Mittheilung unseres verstorbenen correspondirenden Mitglieds, des Directors der Irren-Anstalt in Hildesheim, Bergmann, dass derselbe das Ammonshorn für den Sitz des Gedächtnisses hält. Aber ich glaubte an diese Annahmen nicht, theils aus allgemeinen Gründen, theils weil die neuere pathologische Anatomie keinen mir bekannten Fall verzeichnet, auf den sich fussen liesse. Förg's neueste monographische Arbeit über den Balken gibt ebenfalls durchaus keine sicheren Anhaltspunkte aus den verzeichneten Fällen**).

Die Section wurde noch vor dem Ablauf von 24 Stunden nach dem Tode, im Hause des Verstorbenen, gemacht, wobei es leider nicht möglich war, eine ganz sorgfältige Untersuchung des Körpers und Wägungen vorzunehmen. Mit Uebergehung der als unwesentlich sich bezeichnenden Momente der Hyperämie der Häute (wobei ich jedoch erwähnen muss, dass die

---

*) Vgl. Treviranus Biologie. Bd. VI. Abth. 1. S. 157. Immer ist es von Interesse, was dieser geistvolle Arzt und Anatom über solche Gegenstände sagt. Er drückt sich so aus: „Nach allen mir bekannten Beobachtungen über die Folgen von Verletzungen des Balkens zu schliessen, ist das Gedächtniss von keinem Hirnorgan so abhängig als von diesem". Nachdem er einige mir nicht schlagend scheinende pathologische Fälle anführt, schliesst er S. 159 die Betrachtung mit den Worten: „Man wird die Vermuthung dessen nicht verwerflich finden, der in den zahllosen Markplatten des Balkens die Blätter eines Buches sieht, bezeichnet mit den Hieroglyphen des Empfundenen, Gedachten und Gewollten, der Leiden und Freuden des irdischen Daseins der Psyche".

**) Förg, Prof. in München: die Bedeutung des Balkens im menschlichen Hirn in anatomischer und pathologischer Beziehung. Mit VI Tafeln. München 1855. Fol.

Schädelknochen ungewöhnlich dick, die innere Tafel wie bei Schwangeren beschaffen, reiche Gefässspuren trug, und die Windungen etwas flach gedrückt erschienen) u. s. w., stellte sich als wesentliche Grundlage des Leidens folgendes mit Sicherheit heraus. Die ganze rechte Hirnhälfte mit Höhle, Streifenhügel, Sehhügel, die Vierhügel, kleines Gehirn, Pons und Medulla normal. Das linke Hinterhorn des Seiten-Ventrikels mässig erweitert; stellenweise Adhäsionen. Ein gallertartiges, durchsichtiges Exsudat breitete sich auf dem Sehhügel aus und fand sich auch im Hinterhorn. Ependym an der Decke des Hinterhorns verdickt. Der Anfang des Cornu Ammonis nebst dessen Ursprungsstellen erweicht. Hinterer Theil des linken Sehhügels flach gedrückt. Alle übrigen Hirntheile gesund, bis auf ein linsengrosses Blut-Extravasat rechts von der Mittellinie des Balkens, welches offenbar ganz irrelevant ist*).

Prüft man die Erscheinungen, so ist es klar, dass der pathologische Process vom Ammonshorn ausging und dass aus der Zerstörung eines Theils dieses Gebildes und seiner Wurzelwindungen allein das Hauptsymptom, die Gedächtnissstörung, abzuleiten ist, während die spätere rechtseitige Lähmung sich von der deutlichen Compression des Sehhügels durch das Exsudat ableiten lässt. Die letzten Symptome von Bewusstlosigkeit rühren ohne Zweifel von der Congestion und dem Druck der abgeplatteten, aber sonst nicht veränderten Windungen der gesammten Hirn-Oberfläche her und kommen bekanntlich in den letzten Stadien der chronischen Hirnleiden bei allen Theilen des Gehirns, ohne Unterschied der Localität, vor.

Nicht im Sinne der Gall'schen Schule kann man von den drei berichteten Fällen sagen, dass die von Broca gefundene Entartung der zweiten und dritten Frontal-Windung

---

*) Prof. Krause hatte zur genaueren Untersuchung, die an Ort und Stelle nicht thunlich war, eine entsprechende Partie des Gehirns mit genommen. Derselbe hatte die Güte, mir hierüber folgende Notiz zu geben: Der obere hintere Theil des Cornu Ammonis war nicht unbeträchtlich verbreitert, in der Ausdehnung von etwa einem Zoll erweicht, auf dem Durchschnitt von graugelblichem Ansehen mit einigen rothen Flecken. Die mikroskopische Untersuchung ergab einen wenig scharf begrenzten Heerd, der aus einem farblosen oder schwach gelblichen Brei gebildet war, in welchem sich zerfallene Hirnfassern, freie Körnchenzellen, viel Fettkörnchen nebst sparsamen Pigmentkörnchen und corpuscula amylacea vorfanden. In gleicher Weise waren die Enden des Cuneus und Cingulum (also die von mir sogenannte erste Occipital-Windung, der Zwickel, und die Gewölbwindung), wo sie in das Cornu Ammonis übergehen, verändert. Die amorphe Grundsubstanz der Windungen war etwas vermehrt, netzförmig; auch wurden einige indifferente rundliche Zellen beobachtet. An den Aesten der Arteria profunda cerebri war nichts Besonderes zu bemerken.

für den Sitz des Coordinations-Vermögens der Sprachbewegungen im Sinne Bouillaud's beweisend sei, eben so wenig, als man in meinem Falle das Ammonshorn für den Sitz des Gedächtnisses erklären kann. Aber das Factum wird durch diese klar analysirten Fälle constatirt, dass ganz bestimmte, tiefe Störungen in den complicirtesten, unmittelbar und allein von psychischen Erregungen abhängigen Bewegungen (Sprache), ebenso wie das Aufbewahrungs- und Reproductions-Vermögen gehabter Eindrücke (Gedächtniss) von relativ kleinen, local begrenzten Heerden in der grauen Substanz der Windungen des grossen Gehirns (das Ammonshorn ist eine morphologisch und histologisch modificirte Hirnwindung besonderer Art) beherrscht und mit deren Zerstörung vernichtet werden; aber so, dass gewisse Erscheinungen der Seelenthätigkeit in nächster und unmittelbarster Abhängigkeit von ganz bestimmten Provinzen des grossen Gehirns stehen, gerade wie z. B. die Preception der Gesichts-Erscheinungen, das Sehvermögen, von ähnlich begrenzten Theilen des Mittelhirns, den Vierhügeln. Ein zweites von obigen Erfahrungen abzuleitendes wichtiges Moment ist die Thatsache, dass nicht, wie man wohl geglaubt hat, die eine Hemisphäre die andere bei psychischen Processen ersetzen kann, für dieselbe compensatorisch ist; indem in den drei obigen Fällen die anatomische Störung nur auf der linken Seite, bei voller Integrität der rechten, bestand. Indem ich die Ansicht von dem Zustandekommen bestimmter psychischer Processe durch bestimmte Provinzen des grossen Gehirns festhalte, vermeide ich die nicht gerechtfertigten Ausdrücke der Gall'schen Schule vom „Sitzen" gewisser, auf das Willkürlichste aufgestellter und getrennt existiren sollender Seelenvermögen in gewissen peripherischen Hirntheilen. Aber ich betrachte die oben angeführten Beobachtungen als die ersten Anfänge sicherer Fusssteige in das Labyrinth des grossen Gehirns und seiner Theile, als ein gegliedertes, complexes Organ. Diese Beobachtungen gestatten in Verbindung mit den bis jetzt gewonnenen sicheren Grundlagen der Histologie des Gehirns den Versuch zu einer Erklärung des Zustandekommens des Ablaufs der psychischen Processe, den ich mir auf eine spätere Mittheilung vorbehalte.

Nur Folgendes will ich noch hinzufügen. Immer mehr muss man sich überzeugen, dass in diesem psysiologischen Gebiete Beobachtungen und Experimente an Thieren kaum weitere Aufschlüsse geben können. Klinisch-pathologische Erfahrungen sind fast die einzigen Quellen für diese Theile der der Hirnphysiologie. Ueber die oben angeführten Fälle mich

mit meinem verehrten Collegen, Herrn Hasse, zu besprechen, hat mir viele Belehrung und besonderes Vergnügen gewährt. Derselbe betrachtet sie ebenfalls als sehr merkwürdig und es sind ihm in seiner reichen Praxis keine ähnlichen vorgehommen. Sehr richtig bezeichnete er die Broca'schen Fälle doch dem eigentlichen psychischen Gebiete mehr zugehörend, als der unmittelbaren Thätigkeit derjenigen Nervenheerde, welche zunächst den Sprach-Mechanismus beherrschen. Auch ich fand in meinen zahlreichen Collectaneen keinen dem Lödel'schen Falle ähnlichen*), wohl aber 19 Fälle deutscher, französischer, italiänischer und englischer Autoren, welche mehr oder weniger den Broca'schen Fällen sich anreihen, mit bestimmten sehr merkwürdigen Modificationen. Sie betreffen meist die Vorderlappen, sind aber leider weder anatomisch so genau zergliedert, was freilich bei unserem bisherigen Stande unserer Kenntniss der Hirnwindungen nicht möglich war, noch leider auch physiologisch, wie so oft in den Journal-Aufsätzen über klinische Casuistik. Hier nur so viel: diese Erscheinungen verlaufen alle mehr oder weniger in dem intermediären Gebiete, welches zwischen der Bildung der Begriffe und deren Ausdruck in gedachten Wortreihen liegt. Um mich vielleicht etwas verständlicher zu machen, will ich so sagen: Wenn erwachsene und gebildete Menschen zu Gedanken veranlasst werden und diese sich als klare Begriffsbildungen formiren, so denken sie stets in Worten, was bei kleinsten Kindern und Thieren nicht der Fall ist, obwohl diese auch Begriffs-Vorstellungen, nur minder vollkommen, haben. Die Darstellung dieser Begriffe in articulirten Lauten und gesprochenen Worten zerfällt in zwei Momente, welche wir A und B nennen wollen, von denen B wieder in zwei, vielleicht noch mehrere Unter-Momente getheilt werden kann, nämlich a) denjenigen, wobei die nächsten Centralstellen im verlängerten Marke in Betracht kommen, aus welchen die beim Sprechen betheiligten Muskelnerven ihren Ursprung nehmen. b) denjenigen, bei welchem die entfernten, in den Hemisphären liegenden motorischen Nervenfasern, betheiligt sind, welche in oberster Instanz die Laute und Worte coordiniren. Zwischen diesem zweiten Unter-Moment und dem rein psychischen Momente der Gedankenbildung liegt offenbar jener aufgestellte erste Moment, A, wo die Umbildung des rein Gedachten in

---

*) Mit Rücksicht auf diesen Fall halte ich es nicht für unwichtig, dass man bei sehr gedächtnissschwachen Greisen das Ammonshorn stets auf senile Atrophie untersuche.

das gesprochene oder geschriebene Wort- oder Zahlzeichen erfolgt. Dieser Vorgang muss auf einer wunderbar coordinirten anatomischen Claviatur beruhen, sonst könnten nicht so sonderbare Störungen erfolgen, wie ich sie in den von mir notirten Fällen finde. Es werden hier bei voller Intelligenz bald alle Worte, bald z. B. mit Ausnahme der Zahlwörter, zugleich ebenso die schriftlichen Buchstabenzeichen, oder blos die Hauptworte oder nur die ersten und letzten Sylben von sehr vielen Worten u. s. w. weder mündlich, öfter auch nicht schriftlich, bald gar nicht, bald sehr schwierig oder zuweilen auch unvollkommen gefunden. Auf diese Weise werden oft reine Kauderwelsche ausgestossen, über deren Missverständniss von Seite der Umstehenden der Patient oft ganz unglücklich wurde, da er verständlich zu sprechen glaubte. In allen diesen Fällen waren die Sprachwerkzeuge selbst, wie die dem Sprechen vorausgehende Gedankenbildung, mehr oder weniger, ja oft ganz normal. Die nähere Erläuterung dieser höchst merkwürdigen Verhältnisse und ihre Zurückweisung auf rein anatomische Störungen einzelner Hirntheile, muss einer grösseren Arbeit vorbehalten bleiben. Hier wird vor Allem erst zu prüfen sein, wie die Inconstanz der Erscheinungen bei dem Befallen derselben Theile der Hemisphären und die Uebereinstimmung der Erscheinungen bei Affection verschiedener Hirntheile aufzufassen sein möchten. Im Zusammenhange damit stehen auch einige merkwürdige Erfahrungen, die ich an mir selbst anstellte, als ich vor einigen Jahren schwer erkrankt war und wo es mir gelang, einige Erscheinungen der Beobachtung zu unterwerfen, welche bei den Abend-Exacerbationen des Fiebers eintraten, die den eigentlichen Fieberphantasien vorangingen und noch bei Bewusstsein erfolgten. Dies soll der Gegenstand der zehnten Reihe der kritischen und experimentellen Untersuchungen über die Functionen des Gehirn sein.

II.

Kritische und experimentelle Untersuchungen über die Hirnfunctionen. Zehnte Reihe*).

Ueber das Gedächtniss in den Sinnen, die phantastischen Gesichtserscheinungen, Traumbilder,

*) Vgl. Nachrichten von der G. A. Universität und der Königl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. 1862. Nr. 15. Den 25. Juni. (Sitzungsbericht vom 31. Mai.)

Fieberdelirien, Phantasmen und Hallucinationen beim Wahnsinn und bei anderen acuten und chronischen Hirnaffectionen, in ihrem Verhältnisse zur Anatomie und Physiologie der einzelnen Hirntheile und mit Rücksicht auf deren weitere Aufklärung durch exactere Beobachtungen.

Indem ich mich anschicke, die zehnte und vorläufig letzte Reihe von encephalo-physiologischen Untersuchungen der K. Gesellschaft vorzulegen, befinde ich mich mehr als je in einer zaghaften Lage, welche jeder Physiolog vom Fach, jeder einsichtige Arzt und jeder philosophische Psychologe nachempfinden wird, wenn er einfach die eben gelesene Ueberschrift meines Aufsatzes einer Betrachtung unterwirft. Ich würde obiger Gruppe von Erscheinungen noch den Somnambulismus hinzugefügt haben, wenn ich nicht aus einer, wie ich glaube, gerechtfertigten Apprehension gegen dieses Gebiet, wo Wahrheit, absichtliche und unabsichtliche Täuschung in allen beobachteten Fällen unentwirrbar neben einander laufen, es vorgezogen hätte, das dunkle Capitel ganz bei Seite zu lassen. Ein wissenschaftliches Ergebniss lässt sich aus der bisherigen Casuistik nicht ziehen und die angeblichen Thatsachen und Theorien, welche von Kluge's bekanntem, im Jahre 1813 erschienenen und seiner Zeit viel Aufsehen erregenden Buche bis auf Eschenmayer's Deutungen der Geister-Erscheinungen der Seherin von Prevorst und weiter bis in die neuesten Zeiten herab, aufgestellt wurden, haben durchaus keinen soliden Boden. Nun, nachdem der geist- und gemüthvolle, auch mir persönlich befreundet gewesene schwäbische Sänger kürzlich heimgegangen ist, kann man um so mehr ohne Schonung von jenem „Gesindel von Geistern“ sprechen, mit welchem Namen einst Hegel die Weinsberger Erscheinungen so passend bezeichnet hat.

Für die von mir kurz zu besprechenden Phänomene des Hirnlebens habe ich zwar in den Schriften über empirische Psychologie, klinische Erfahrung und Psychiatrie manches schätzbare Material gefunden; aber eigentlich nur fünf Arbeiten, welche ich von meinem Standpunkt wissenschaftlich verwerthen konnte, nämlich: Aristoteles' Abhandlung über den Traum, mit Hinzuziehung seiner anderen Untersuchungen über psychische Thätigkeiten; Johannes Müller's vortreffliche Jugendschrift über phantastische Gesichts-Erscheinungen, worin der erst 25jährige Forscher schon die ganze Grösse seines später so fruchtbaren Geistes glänzend beurkundete; Purkinje's (schon frühere) dann besonders seine neueren

Untersuchungen über „Wachen, Schlaf, Traum und verwandte Zustände"; E. H. Weber's Aufsatz „über den Tastsinn und das Gemeingefühl", beide in meinem Handwörterbuche der Physiologie; endlich unseres Collgen Henle schon vor 24 Jahren erschienene Abhandlung „über das Gedächtniss in den Sinnen." Nicht unbeträchtlich ist die Zahl meiner eigenen subjectiven und zum Theil objectiven Beobachtungen.

Nach sorgfältiger Ueberlegung habe ich mich in der kurzen folgenden Darstellung einiger Fundamental-Ausdrücke des Aristoteles durchgreifend bedient, nachdem ich dessen einschlagende bisher kaum erreichte, viel weniger übertroffene Arbeiten an der Hand älterer Erklärer des grossen Stagiriten, wie unter den neueren vorzüglich Zeller's und Brandis' mir anzueignen gesucht habe. Für den Naturforscher, welcher rein die physiologische Hirnthätigkeit zu zergliedern sucht, schienen mir die drei Ausdrücke *αἰσθητικόν*, *φανταστικόν* und *νοητικόν* viel schärfer bezeichnend, weniger dem Missgriff unterworfen, als wenn ich dafür etwa: Sinneswesen und Empfindungsvermögen, Einbildungskraft und Vorstellungsvermögen, denkendes Wesen, Erkenntnissvermögen oder Verstand gewählt haben würde.

Dem *αἰσθητικόν* unterworfen betrachte ich alle im Sinnengedächtniss haften gebliebenen Gesichts-, Gehörs- u. s. w. Eindrücke, die aus der Aussenwelt percipirt worden sind und realen Objecten entsprechen. Zu dem Reiche des *φανταστικόν* rechne ich alle jene Metamorphosen und Neuconstructionen, welche durch eine plastische Thätigkeit aus den Bildern des *αἰσθητικόν* erzeugt und der Seele zugeführt werden. Das *νοητικόν* ist das kritische Vermögen des Selbstbewusstseins, die Erzeugnisse des *αἰσθητικόν* und *φανταστικόν* zu deuten, welches als das höhere über beiden schwebt. Diese drei Functionen, über deren inneren psychologischen Zusammenhang ich mich hier gar nicht aussprechen will, wurzeln in einer vierten allen gemeinsamen Thätigkeit: der Erinnerung gehabter Vorstellungen, welche ich im Sinne Flemming's als eine „blosse allen Erregungszuständen des Nervensystems beiwohnende Eigenschaft — die Eigenschaft der Dauerhaftigkeit und Reproductionsfähigkeit" betrachte.

Andere vieldeutige Synonyme aus der empirischen Psychologie oder coulante Ausdrücke aus der Nervenpsychologie, wie z. B. des Reflexes, der bei einzelnen Erscheinungen des *αἰσθητικόν* und *φανταστικόν* und vielleicht selbst des *νοητικόν* wohl gebraucht werden könnte, habe ich ganz vermieden, indem ich mit jenen drei Aristotelischen Terminis

ausreichen zu können glaubte, um mich verständlich zu machen.

Ich werde mich im Folgenden vorzüglich solcher Beispiele bedienen, welche mit dem Gesichtssinne im Zusammenhang stehen, aus demselben fliessen und zu ihm zurückkehren, nicht bloss, weil sie die zahlreichsten und am besten zergliederten sind, sondern auch weil sie als die zugänglichsten, allgemein bekanntesten, dem Laien, der uns oft als Beobachtungs-Object dient, verständlichsten betrachtet werden müssen. Alle Sinne sind jedoch mehr oder weniger bei dem fraglichen Gebiete betheiligt.

Um auf die phantastischen Gesichtserscheinungen zu kommen, muss ich die einfachen mit der unmittelbaren Reizung der Retina im Zusammenhange stehenden Phänomene in einer kurzen Betrachtung vorausschicken. Jedermann kennt neben den Bildern, die wir von äusseren Dingen erhalten, die auftauchenden Licht-Erscheinungen, Farben, die wir beim Druck auf den Augapfel, auf electrische Reize erfahren; die Nachbilder, welche wir in Folge blendenden Lichts, z. B. beim Sehen in die Sonne haben, die in verschiedenen Farbentönen abklingen und allmälig verschwinden; die ähnlichen, welche beim Betrachten gut erleuchteter anderer Gegenstände auftreten. Alle diese Erscheinungen sind neuerdings vielfach untersucht, in jedem Compendium zergliedert; ich selbst habe sie bei grosser Empfänglichkeit anhaltend geprüft. Die einzelnen Menschen sind in sehr verschiedenen Graden dafür receptiv; viele minder empfängliche nehmen schwache Nachbilder anfänglich nicht wahr, finden sich aber dann zurecht. Bei einigen Menschen, wie ich bei einzelnen Zuhörern gesehen, treten sie nur höchst unvollkommen ein. Während ich z. B. nach Betrachtung eines der bekannten, zu solchen Versuchen gefertigten grellfarbig gemalten kleinen Portraite das in Lebensgrösse auf die Zimmerdecke projicirte Nachbild eine Reihe von Secunden vollständig in den complementären Farben vor mir sehe, gibt es Individuen, welche kaum ein Paar unvollkommene sehr schnell verschwindende Farbenklekse als Nachbild wahrnehmen.

Viel unvollkommener kommt bei mir eine Erscheinung vor, welche Henle in der genannten Abtheilung zuerst beschrieben hat. Unter den von ihm aufgeführten Beispielen mag das folgende genügen. Er bemerkte, nachdem er Vormittag Stunden lang an einem Arterien- oder Nervenpräparat gearbeitet hatte, spät am Abend, in der Dunkelheit und beim Reiben des Auges oder bei Congestion nach demselben, wäh-

rend des Hustens, Schneuzens u. s. w. plötzlich, dass das leuchtende Bild eines solchen Gegenstandes sich zeigte. Er sah ein Stück Muskel und die roth schimmernden Arterien-Aeste auf und in demselben unter Umständen, wo sonst vielleicht ein Blitz das Sehfeld rasch erleuchtet haben würde. Die Erscheinung war momentan und konnte, wenn sie unwillkürlich aufgetreten war, auch nicht absichtlich wieder hervorgerufen werden. Henle nennt diese Erscheinungen: „das Gedächtniss in den Sinnen". Ich habe sie auch, aber sehr selten. Alle die hierher gehörigen Phänomene beschränken sich ausschliesslich auf Thätigkeit des *αἰσθητικόν*, das man in diesen Fällen am besten als „Thätigkeit der Sehsinnsubstanz" bezeichnen kann, und beruhen, wie ich als sehr plausibel nachweisen zu können glaube, auf einer Wechselwirkung von Retina und Vierhügeln. Die Retina aber betrachte ich mit Brücke als eine ausserhalb der Schädelhöhle liegende Portion des Gehirns. Die Bilder bewegen sich mit dem Auge im Sehfeld.

Wenn wir im Halbdunkel plötzlich einen ungeahnten, undeutlichen weissen Gegenstand, z. B. ein Handtuch sehen, so erscheint uns dasselbe zuweilen in einer menschlichen Gestalt, wir fahren zusammen und glauben ein Gespenst zu sehen. Hier ist plötzlich der ganze Central-Apparat des Nervensystems, Hirn und Rückenmark in Aufregung und Irradiation gerathen, was uns die Zuckung im ganzen Muskel-Apparat zeigt. Hier hat das *αἰσθητικόν* das undeutliche Bild dem *φανταστικόν* überliefert, welches eine menschliche Figur daraus machte, während diese durch das theilnehmende getäuschte *νοητικόν* in ein Gespenst verwandelt wurde.

Von diesen Gedächtnissbildern in der Sehsinnsubstanz verschieden und nur darin übereinstimmend, dass sie auch nicht willkürlich hervorgerufen werden können, sind die phantastischen Gesichts-Erscheinungen. Mit diesem Namen belegt man seit J. Müller die gaukelnden Bilder, welche uns vor dem Einschlafen, im Halbschlummer, umgeben, in steter Umformung begriffen sind, farbig auftreten, ihren Ort nicht mit der Bewegung der Augen wechseln, wie die Nachbilder und längere Zeit, bis zum festen Einschlafen, durch die darauf gerichtete Aufmerksamkeit beobachtet werden können. Die Gegenstände, die hier im dunklen Sehfeld erscheinen, sind sehr mannichfaltiger Art, einzelne oder zu grossen Gruppen vereinigte Objecte; bei mir und, wie es scheint, auch bei J. Müller und Purkinje, sehr häufig menschliche Gesichter, oft wie Masken, nur im fortwährenden Wechsel der Züge, bald kurzen, bald

langen Nasen, glatten, runzelnden Wangen, in der Grösse sehr verschieden, wie die Bilder einer Laterna magica*). Wie es bei J. Müller der Fall gewesen, sind sie bei mir am intensivsten, wenn ich nüchtern zu Bette gehe, wie öfters, wenn ich unwohl bin. Wie bei den Nachbildern, wissen manche Menschen nichts davon zu erzählen; bei anderen erscheinen sie sehr blass und unvollkommen. Mir sind einzelne vielfach noch spät der Erinnerung zugänglich, während sie bei anderen gar nicht im Gedächtniss haften. Der Sitz des Zustandekommens dieser Erscheinungen, bei welchen vorzüglich oder ausschliesslich das *φανταστικόν* betheiligt ist, sind höchst wahrscheinlich gewisse Hirnpartien zwischen Mittel-Gehirn, Vierhügeln und Rindensubstanz des grossen Gehirns. Das *νοητικόν*, dessen physikalische Momente ich ganz in die graue Rinde des grossen Gehirns verlege, ist dabei nicht unbetheiligt, aber nur secundär. Die Beweisversuche für alle anatomischen Grundlagen der genannten Phänomene muss ich hier, der Raumbeschränkung wegen, schuldig bleiben.

Zu den viel besprochenen und am wenigsten gründlich beobachteten hierher gehörigen Erscheinungen gehören die Träume. Gleichwohl können sie, wie ich glaube, richtig benützt, noch eine reiche Quelle von Erfahrungen werden; allerdings nicht die gewöhnlichen Träume, die Wiederkehr meist kürzlich gehabter Eindrücke, die sich oft besonders gegen den Schluss höchst albern, zur Beschämung des eingeschläferten *νοητικόν*, auflösen. Auch diejenigen vielen Personen vorkommenden Träume, wo wir uns halb angekleidet plötzlich auf die Strasse unter viele Menschen versetzt oder in den anständigsten Kreisen der Gesellschaft in peinlichster Lage befinden und trotz aller Anstrengung nicht zu unseren Kleidern gelangen können, bieten kein Interesse. Diese Träume gleichen in der pathologischen Hirncasuistik, auf welche ich sonst grossen Werth lege, den gewöhnlichen Blutergüssen ins Gehirn oder epileptischen Anfällen, welche meist nur sehr geringe physiologische Ausbeute gewähren. Aber es gibt einzelne, seltene Träume, welche unser höchstes wissenschaftliches Interesse in Anspruch nehmen. Ich kann mich freilich bei dem, was ich jetzt sagen werde, nur allein auf meine eigene Erfahrung beziehen.

---

*) Ein Freund von mir kann diese Wandel-Gesichter vor dem Einschlafen am besten dadurch hervorrufen, dass er sich zuerst mit Willen ein bekanntes Gesicht vorstellt, das sich dann verzerrt und verändert, was mir nicht gelingt. Es wäre interessant, hier die individuellen Verschiedenheiten kennen zu lernen.

Ich träume seit meiner frühesten Jugend oft sehr lebhaft und habe häufig die grösste Erinnerung gehabter Träume, sobald ich dieselben gleich nach dem Erwachen dem Gedächtniss einpräge und schriftlich notire. Ich habe diese Eigenschaft wahrscheinlich von meiner Mutter geerbt, welche vor nicht langer Zeit bei zarter, oft gestörter Gesundheit und sehr einfacher, nüchterner Lebensweise im 80. Jahre starb. Sie hatte ungemein plastische, merkwürdig combinirte, wie ich mich seit den frühesten Jahren erinnere, oft wieder erzählte Träume, denen man in unserer Familie prophetische Bedeutung beizulegen gewohnt war. Aehnliche Verhältnisse werden bei dem gesteigerten Traumleben der Frauen nicht selten in Familien beobachtet.

Ich erinnere mich einzelner ängstlicher vor mehr als 40 Jahren gehabter Jugendträume noch jetzt sehr lebhaft, namentlich eines, der mir dreimal in ganz nahe gelegenen Nächten und in ganz gleicher Weise träumte. Die von mir später oft schriftlich verzeichneten, wie ich glaube wissenschaftlich verwerthbaren Träume, sind höchst selten; sie kommen mir kaum alle Jahre ein- oder zweimal vor.

Unter den von mir verzeichneten Träumen will ich nur einen anführen. Derselbe datirt vom 13. November 1857. Ich befand mich im Traume in Pommersfelden in Franken in der bekannten Gräflich Schönborn'schen Bilder-Gallerie. Ich betrachtete die eine lange Wand eines mässigen Saales mit einer grossen Reihe übereinander hängender Oelbilder und Handzeichnungen verschiedener Schulen. Ich sah alles in höchster Ordnung und plastischer Fülle; sehr schöne, ganz stylmässige Compositionen, Farbe, Lack, alles vortrefflich! darunter aber kein einziges mir bekanntes Bild, als, wie ich bei einer kritischen Prüfung im wachenden Zustand fand, höchstens einen Wouwerman, dessen Stelle ich unter den übrigen noch heute genau anzugeben weiss. Alles war original componirt und producirt; alles reich decorirt und wohl geordnet, nur fiel mir auf, dass alle Bilder mit schönsten Rokoko-Rahmen in zierlichster Holzschnitzerei, jedoch ganz ohne Vergoldung waren. Es begleitete mich ein Führer; die Gespräche mit diesem waren völlig correct; nicht die geringste wunderliche oder absurde Wendung, wie so oft in Träumen, kam vor. Ich war in dieser Zeit gerade viel unwohl gewesen, hatte abgesondert und still gelebt.

Ich bemerke hierzu, dass ich niemals in Pommersfelden gewesen, dem ich in Erlangen 12 Jahre so nahe wohnte, dass ich diese Unterlassung eines Besuches oft beklagte. Ich hatte m Jahre 1857 bereits die Gallerien von Dresden, Berlin,

München, Wien, Paris, Mailand, Venedig, Florenz, Rom, Neapel und so viele in kleineren Städten zum Theil wiederholt gesehen. Ich habe für solche Bilder, wie für Kupferstiche, wie für menschliche Gesichter von Jugend auf eine ausserordentlich feste und plastische Erinnerung gehabt. Einmal vor vielen Jahren im Eilwagen oder auf Eisenbahnen gesehene Menschen blieben mir im Gedächtniss, wurden später immer wieder erkannt. Erst in den letzten acht Jahren ist mein Gedächtniss, namentlich für einmal gesehene und gesprochene Personen, schwächer geworden. Für fremde Sprachen, für gelesene Bücher habe ich ein mässiges, für Zahlen ein besseres, für Melodien, überhaupt für Musikalisches, ein sehr schlechtes Gedächtniss. Ich habe ein sehr scharfes, aber höchst unvollkommenes musikalisches Gehör, das sich trotz sechsjährigen Geigen-Unterrichts nicht verbesserte. Gleichwohl höre ich Musik ausserordentlich gern, muss aber die grösste Anstrengung anwenden, um den Compositionen zu folgen und nicht zerstreut zu werden, weil ich stets durch Musik in meinen Meditationen grosse Anregung erfahre und in wissenschaftlichen Problemen durch die entschieden reichere Gedankenbewegung gefördert werde. Seltener sind bei mir im Traume Schall-Empfindungen; einzelne musikalische Traumbilder erinnere ich mich nie gehabt zu haben. Es wäre interessant zu erfahren, wie sich dies bei Musikern von Profession verhält, und ich empfehle diese Frage musikalisch gebildeten Physiologen. Vielleicht könnte unser College Henle darüber Aufschlüsse geben, bei dem, nach seinen Andeutungen in seiner citirten Abhandlung, musikalische Reminiscenzen im *αἰσθητικόν* häufiger vorzukommen pflegen.

Diese individuelle Carakteristik bin ich genöthigt vorauszuschicken, da, wie es scheint, die Individualität hier überall von wesentlichem Einfluss auf die Art der Erscheinungen ist. Bei einer später angestellten Analyse des obigen Traums fand ich deutlich, dass nur die Rahmen der Bilder, in reichem Schnitzwerk, aber ohne Gold, ein reines reproducirtes Sinnen-Gedächtnissbild waren. Sie glichen alle einem wunderschön geschnitzten Rahmen, nicht mit Gold belegt, von einem vorzüglichen und vortrefflich erhaltenem Bilde von Daniel de Volterra, eine heilige Familie darstellend, das ich oft bei einem Kupferstecher in Pisa gesehen und das in mir, da es nur auf die mässige Summe von 1000 Francen geschätzt war, wiederholt lebhafte Neigung zur Acquisition erregte. Alle übrigen Compositionen waren historisch, original; bis auf jenen oben erwähnten Wouverman konnte ich keine an ein be-

kanntes früher gesehenes Bild anknüpfen. Freunde sagen mir, dass sie zuweilen ähnliche Traumbilder gehabt, d. h. einzelne sehr schöne unbekannte Landschaften gesehen hätten. In einem anderen Traume, wo ich mich in einer Gewerbs-Ausstellung befand, sah ich nur zahlreiche alte Tischler-Objecte, Schränke, Pulte u. s. w. mit köstlich eingelegter Arbeit von grösster Plasticität, wie wir dies im Traume zu haben pflegen, aber ebenfalls durchaus originale Formen. Diese Träume, welche, wie alle unsere Traumbilder, lediglich im *φανταστικόν* ihren Sitz haben, da wir, wie es scheint, nie über abstracte Dinge träumen, führen in eine Tiefe, Mannichfaltigkeit und Stärke der ohne Willen thätigen Vorstellungsmassen, so dass sich manche von uns für junge Raphaele und Michel Angelo's halten könnten, wenn sie zugleich die Fähigkeit hätten, diese reichen Traumgestaltungen mit Stift und Pinsel zu fixiren.

Ich komme zu den Fieberdelirien und diese führen mich zu den verwandten pathologischen Erscheinungen des Gehirnlebens, die für uns vom höchsten Interesse werden, weil die sie begleitenden und wahrscheinlich verursachenden Momente einer Messung unterworfen werden können.

Jene Ideenflucht, die wir in Fiebern bei Irreredenden wahrnehmen und die hier unwillkürlich gesprochenen Worte zeigen uns, dass der Fiebernde mit Traumbildern belastet ist. In der Frequenz des Pulses haben wir seit alten Zeiten eines der wenigen semiotischen Beobachtungsmittel, welche in Zahlen ausgedrückt werden können. Der grösste semiotische Fortschritt aber, den die neuere physiologisch begründete Diagnostik gemacht hat, ist die sorgfältige Messung der Hauttemperatur, welche wir bei Gesunden und Kranken insbesondre den Untersuchungen von Bärensprung, Traube, Wunderlich, Uhle, Geissler u. A. m. verdanken. Hiernach schwankt die Normaltemperatur bei gesunden Menschen innerhalb sehr enger Grenzen, nämlich zwischen 37,0 und 37,3 Celsius. Sie bleibt sich nach Davy's Messungen beim Menschen unter allen Umständen nahezu gleich; sie ist bei uns im Sommer und Winter ebenfalls nahezu dieselbe und zeigt hier auf plastische Weise die bewundernswürdige Compensationseinrichtung des Organismus. Selbst die ganze Tagesschwankung der grossen Veränderungen, welche im Körper in Folge von Nüchternheit oder Nahrungs-Aufnahme eintreten, bewegen sich innerhalb sehr enger Grenzen höchstens 1,0 bis 0,5° C. Bei Krankheiten jedoch kommen Schwankungen von 35 bis 41,9° C. vor. Alle jenseits oder diesseits dieser Scalenpunkte liegenden Temperaturen endigen mit dem Tode. Der höchste bis jetzt be-

obachtete Fiebergrad, bei welchem das Leben erhalten blieb, war 41,75° C. Beim Eintritt des Todes steigert sich die Temperatur beträchtlich, beim Typhus abdominalis betrug sie einmal 43,8° C., beim spontanen Tetanus 44,75° C. und stieg bis 55 Minuten nach dem Tode noch um einen halben Grad. Die gewöhnlichen Todestemperaturen gehen bis 42,5° C.*).

Eine eigene Erfahrung an mir selbst gibt mir Gelegenheit zur folgenden näheren Darstellung eines Falles. Vor 2½ Jahren befiel mich eine Bronchitis, die um so gefährlicher war, da sich dieselbe mit einem mehr als 30jährigen Herzleiden combinirte. Von dem damaligen Assistenten an der chirurgischen Klinik, Dr. Fischer, wurden täglich früh und Abends Temperatur-Messungen, Zählung der Puls- und Athmungsfrequenz vorgenommen. Sie sind in der angefügten Tabelle zusammengestellt.

Tag.	Temperatur nach Celsius.		Pulsfrequenz.		Respirationsfrequenz.	
November.	Morgens.	Abends.	Morgens.	Abends.	Morgens.	Abends.
21	37,5	38,8	100	112	28	32
22	38,1	39,4	108	116	28	38
23	37,9	38,5	100	112	28	32
24	38,8	38	innum.	innum.	32	28
25	37,3	38,5	100	100	20	28
26	37,8	38	92	96	20	28
27	37,1	38,1	92	92	24	32
28	36,2	37,4	92	84	20	18
29	36,4	36,8	84	88	16	18
30	36,8	35,8	76	76	12	16
December 1.	36,6	37	76	80	16	18
2	36,2	36,5	68	64	16	16
3	36,4	36,6	72	72	16	20
4	36,6	36,8	64	64	16	16
5	36,9	37	72	80	20	24
6	36,5	36,9	72	72	16	20
7	36,5	37,6	64	80	16	24
8	37,5	37,3	76	64	20	24
9	37	37,1	80	72	20	28
10	36,8	36,9	64	80	24	20
11	36,4	37,4	76	72	20	20
12	36,5	36,9	72	84	20	24
13	36,6	36,9	64	72	20	28
14	36,1	36,8	68	60	24	16
15	35,6	35,6	64	72	20	20
16	35,4	35,9	60	68	16	24
17	35,6	36	60	72	12	20

*) Ich entnehme diese Zusammenstellungen zum Theile mit denselben Worten dem neuesten Handbuche der allgemeinen Pathologie von Uhle und Ernst Wagner. Leipzig 1862.

Nach einer Erkältung am 6. November 1859 stellten sich an den folgenden Tagen die ersten krankhaften Symptome ein. Die ersten Fieberbewegungen erschienen am 14. und steigerten sich am 22. Abends auf 116 bis 120 Pulsschläge, 38 Respirations-Frequenz in der Minute, 39,4 Temperaturerhöhung. Hierbei muss ich jedoch bemerken, dass nach späteren sorgfältigen Messungen bei mir die Temperatur in der Mundhöhle gewöhnlich einen halben Grad höher ist als in der Achselhöhle, wornach sie in der Tabelle verzeichnet ist und wo sie überhaupt bei Mageren umsomehr etwas geringer sein muss, als hier die Thermometerkugel nicht so dicht umfasst werden kann. Die Temperaturen müssen daher alle wohl in der Tabelle um wahrscheinlich einen halben oder ganzen Grad höher angenommen werden. Meine mittlere Puls- und Athmungsfrequenz, von denen ich erstere seit 20 Jahren fast täglich mehrmals gemessen habe, betragen 60 Schläge und 12 Athemzüge in der Minute. Erstere Zahl ist so constant seit 10 Jahren, dass sie fast immer mit den Pendelschlägen einer Uhr coincidirt, nur nach dem Essen beträchtlich höher geht und bei vollkommener physischer und psychischer Ruhe oft auf 55, selbst auf 50 Schläge herabgeht. Diese persönlichen Notizen musste ich zum Behuf der folgenden Darstellung vorausschicken. Am 21., 22. und 23. November fand die höchste Steigerung der Krankheit statt; es entwickelten sich in der Nacht starke Sinnestäuschungen, welche sich entschieden zu Delirien gesteigert haben würden, wenn ich nicht mit aller Energie, trotz der Heftigkeit der Krankheit, gesucht hätte, das Bewusstsein zu erhalten, indem ich zugleich auf die Erscheinungen meine ganze Beobachtungskraft wendete. Ich bemerke dabei, dass ich meinem Gefühl nach vollkommen in der Verfassung eines ruhigen Beobachters zu sein glaubte, nur einige Male unterbrochen durch die heftigen Hustenanfälle und eine entsetzliche Athemnoth. Ich führe diese kurzen Bemerkungen über eine ernste Lebenslage nur an, so weit sie zur objectiven naturwissenschaftlichen Beurtheilung des Falles nöthig sind.

Die Temperatur muss aus den oben angeführten Gründen sich in der Nacht zum 23. zwischen 40 bis 41^0 C. erhoben und sich so rasch dem bedenklichen Grade genähert haben, welchem bis jetzt Niemand lebendig entgangen ist.

Hier stellten sich in jener Nacht bei mir durchaus keine Gesichtsphantasmen ein, wohl aber erschien ein Braussen im Gehör, dem eigenthümliche Schalle folgten, die sich dem *νοητικόν* bald als Auf- und Zuklappen grosser eherner Pforten darstellten. Dies erregte meine ganze Aufmerksamkeit. Nach-

dem die erste Ueberraschung, die mich etwas aufregte, vorüber war, beschloss ich, die ruhigste Beobachtung anzustellen und jeder mit aller Macht auf mich eindringenden Betäubung des *νοητικόν* entgegenzuwirken. Unter den heftig ausbrechenden Schweissen fing eine starke und grelle Stimme an, gellend in die Ohren einzelne Worte zu rufen. Dies hielt Stunden lang an, glich einem Wasserfall von überaus rasch gesprochenen Worten. Es waren lauter unzusammenhängende, meist ein-, selten zweisilbige Hauptwörter, z. B. Haus, Dach, Hammer, Hand, Kopf, Stuhl u. s. w., ohne Copula und öfters mit, oft ohne innere Verwandtschaft, d. h. ohne Ideenassociation, alle Worte bunt durcheinander. Sie bereiteten mir eine furchtbare Qual, wie denn überhaupt diese Nacht mir überaus schwer und angreifend war. Allmälig wurden diese wie Sturzbäche vorübertosenden Wortschalle schwächer und einzelner und verschwanden gegen die Morgenremission des Fiebers. Hier erwachte sodann der ganze Reiz, den die Beobachtung verwickelter Probleme für den Naturforscher hat und es waren dies so zu sagen die ersten Wieder-Anknüpfungspunkte mit dem neuerwachenden Leben. Die folgenden Tage verminderten sich langsam alle Symptome, drei Wochen später, am 17. December, war die Temperatur früh 35,6, Abends 36, die Pulsfrequenz Morgens 60, Abends 72, die Athemfrequenz früh 12, Abends 20, also nahezu wie in gesunden Tagen, mit einiger abendlichen Steigerung.

Die Erscheinung des Auf- und Zuklappens grosser eherner Flügelthüren glaubte ich bei späterer ruhiger Ueberlegung für eine Reminiscenz an die prachtvollen ehernen Thüren mit den Ghiberti'schen Sculpturen vom Baptisterium in Florenz, die ich öfter mit besonderer Aufmerksamkeit betrachtet habe, halten zu können. Doch bin ich hier in meiner Deutung weniger sicher, als bei dem oben erwähnten Traume mit den Rococo-Rahmen.

Die Gehörphantasmen mit den so rasch gesprochenen Worten erinnern entschieden an die geschwätzigen Ausbrüche von Tobsüchtigen, von denen ich bemerkt finde, dass zuweilen auch nur grosse Reihen einzelner Worte mit und ohne inneren Zusammenhang in rascher Folge ausgestossen werden*). Auch im Traume sollen sie nach Purkinje vorkommen, und dass ähnliche Erscheinungen, wenn freilich lange nicht mit dieser beängstigenden Intensität bei dem einfachsten Abklingen der

---

*) Dies ward mir mündlich ganz kürzlich von den Herren Flemming und Nasse in Schwerin bestätigt.

Sinnes-Gedächtnissbilder auftreten können, dafür spricht mir die Stelle in Henle's obiger Abhandlung, wo er sagt: „dass zuweilen Wörter einer fremden Sprache, mit der man sich einige Zeit beschäftigt hat, ganz unzusammenhängend und ohne dass entsprechende Gedanken sie hervorrufen, vor dem Ohre tönen.“

Prüfe ich die eben geschilderte Erfahrung an mir selbst mit dem Material, das uns aus der Pathologie, insbesondere der Fieberlehre vorliegt, so zeigen sich alle fieberhaften Phantasmen und Delirien in Begleitung und ohne Zweifel im genetischen Zusammenhang mit zwei Haupterscheinungen: 1) mit einem gesteigerten Stoffwechsel, 2) mit erhöhter Temperatur, wozu noch 3) in manchen Fällen, wie z. B. in den Typhen, in den contagiösen acuten Exanthemen die Entstehung deletärer Stoffe im Blute eine Rolle spielt, deren Wirkung die grösste Aehnlichkeit mit der directen Aufnahme gewisser Atomcomplexe, wie des Weingeistes, der narkotischen Substanzen, haben. Nun ist aber das Freiwerden der Wärme offenbar nichts Anderes, als ein Product der chemischen Action in den Geweben und im Blute; insofern würde der chemische Process im Stoffwechsel das vorzüglich in Betracht kommende Moment bei diesen Erscheinungen im Gehirne sein. Gleichwohl wird man sich aus manchen Gründen veranlasst finden, beiden, der Wärme und dem erhöhten Stoffwechsel, sowie der veränderten Blutmischung, also den drei genannten Momenten eine Bedeutung in der Erzeugung der Delirien zuzuschreiben.

Für das Letztere, die blose Veränderung in der Zusammensetzung der Blutmischung, spricht das Vorkommen von Delirien in einzelnen Fällen von anämischen fieberlosen Krankheiten, bei vermindertem Stoffwechsel.

Dagegen sprechen viele Erfahrungen für die Einflüsse der erhöhten Temperatur. Die einfache Beobachtung, dass ein noch schlagendes ausgeschnittenes Froschherz in einem Uhrglase durch Erwärmung auf dem flachen Handteller zu vermehrten Schlägen gebracht werden kann; dass wir die Pulsation des Herzens eines 4tägigen Hühner-Embryos durch Zutropfen von warmem Wasser rasch von 150 auf 180 Schläge steigern, durch Abkühlung auf 60 Schläge in der Minute vermindern und diesen Wechsel in einer halben Stunde mehrmals hervorrufen können, zeigt eine Analogie mit dem Fieberpuls, dessen Frequenz zwar nicht genau, aber doch im Allgemeinen mit der Temperatur in bestimmten Verhältnissen zunimmt.

Ich bin geneigt, von dem stark erwärmten Blute im Fieber, das an den Elementen im Gehirn vorüberströmt, in denen die

Erscheinungen des *φανταστικόν* vermittelt werden, welche das *νοητικόν* theilweise täuschen, dem man aber mit gesteigerter Willens-Intensität bis zu einem gewissen Grade entgegentreten kann, zum Theil die Delirien abzuleiten.

Meines Erachtens müssten nunmehr weitere Untersuchungen und Experimente an Thieren angestellt werden über locale Temperatursteigerungen bei Entzündungen. Lässt sich auch hier grosse Steigerung am Thermometer nachweisen, so würden solche auch bei der Manie anzunehmen sei, welche wesentlich auf localen Hyperämien in den Randwulsten des grossen Gehirns, auf partieller Meningitis, und vielleicht partiell vermehrtem Stoffwechsel beruht.

Eine fernere Beachtung verdient diese Frage nach einer therapeutischen Seite. Wir wissen, dass durch Willensenergie die Symptome der Trunkenheit bis auf einen gewissen Grad beseitigt werden können; man kann sich des Schlafes erwehren, die Gefahr des Erfrierens dadurch vermindern. Es geht aus mehrfachen Erfahrungen hervor, dass die Respirationslähmung in gewissen Fällen den Tod herbeiführt und dass diese bei komatösen Zuständen im Schlafe u. s. w. leichter eintritt, als bei voller Willensenergie im wachenden Zustande. In dem von und an mir beobachteten Falle glaube ich, durch Willensanstrengung gegen die Phantasmen, der Macht des beginnenden Deliriums entgegengewirkt zu haben. Experimente an Thieren bieten hier Analogien dar. In den jüngst im physiologischen Institute unter Leitung unseres Collegen Meissner angestellten Experimenten wurden Thiere, mit starken Dosen narkotischer Gifte behandelt, welche sonst den Tod unfehlbar herbeiführen, durch anhaltende Erhaltung der künstlichen Respiration völlig wieder hergestellt; diese, deren Lähmung die nächste Todesursache ist, zersetzt und entfernt durch regern Stoffwechsel die deletären Substanzen im Blute.

Es beruht diese ganze Darstellung nur auf einer Muthmassung. Aber ich möchte eben deshalb umsomehr die Aerzte theils zur Selbstbeobachtung in Fällen der Erkrankung, theils zu weiteren Erfahrungen und zu Versuchsreihen veranlassen, um festzustellen, wie mit dem Thermometer der Eintritt und die Steigerung und Abnahme der Delirien und deren weitere Variation nach Alter, Geschlecht und andern Umständen zu bestimmen ist. Vielleicht findet sich doch etwas Gesetzmässiges, durch Zahlen Auszudrückendes.

Phantasmen bei Druckverhältnissen im Gehirn, ohne Irresein oder auch mit Störungen des Bewusstseins, wo rein mechanisch auf die Hirnsubstanz, in der das *αἰσθητικόν* und

φανταστικόν die Werkstätte ihrer Thätigkeit haben, eingewirkt wird, sind sehr interessant. Unter einer Reihe von Fällen, welche ich notirt habe, will ich nur einen anführen, den Dr. Johnston schon 1834 in dem Medico-chirurgical-Review (Nr. 47) mitgetheilt hat. Ein Künstler litt seit mehreren Jahren an heftigen Lichtphantomen, unter Kopfschmerzen und Abnahme der Sehkraft, bis allmälig zur gänzlichen Erblindung. Hauptphänomene waren: eine Reihe der blendendsten Erscheinungen, welche Tag und Nacht das Sehorgan producirte; bisweilen Gestalten von Engeln mit flammenden Schwertern; äusserst blendend, wie elektrisches Leuchten, selbst mit Gehörerscheinungen, fortdauernd wechselnde Formen der Phantasmen. Geistesfunction ganz ungestört, eine innere Erregung des Gemüthes abgerechnet. Augen selbst nicht krankhaft. Im Frühjahre 1835 ein apoplektischer Anfall. Patient erholte sich vollkommen, ging nach wenig Wochen wieder in die City, wo er auf Alles aufmerksam war. Die geisterähnlichen Erscheinungen, welche ihn umschwebten, kehrten in ungemein peinlicher Blendung und fast noch beharrlicher wieder. Im August wieder ein apoplektischer Anfall, in dessen Folge Patient starb. Aus der Section will ich nur kurz anführen, dass nichts Krankhaftes in den Hirn-Membranen war; im rechten Seitenventrikel fast 3 Unzen Flüssigkeit; im linken eine Menge Hydatidenblasen von verschiedener Consistenz mit traubenähnlichen Anhängen in allen Nebenräumen des linken Ventrikels eindringend, bis in die andere Hirnhälfte herein. Linker Sehnerv von der Hydatidenmasse gedrückt, fast fadenartig. Erweichungen im Thalamus, im vordern Hirnlappen. Wie man sieht, ergibt sich aus den von mir in der neunten Reihe meiner Untersuchungen zusammengestellten Fällen von Broca und mir, dass uns hier zwei Symptomenreihen aus der anatomischen Läsion verständlich werden. Phantasmen und Blindheit sind die Folgen vom Druck durch die Blasenwürmer in den Hemisphären, während die Lähmungen aus der Apoplexie und der Erweichung im Thalamus sich erklären. Dieser Johnston'sche Fall in seinen pathologischen Grundverhältnissen total verschieden von meinen acuten Delirien in der Bronchitis, gewährt doch einen sehr interessanten Vergleich mit denselben in Bezug auf die Effecte im Sensorium. Die Gesichtsphantasmen durch Druck im Johnston'schen Fall, die Gehörhallucinationen in meinem Fieber-Anfall erzeugt, gehen aus einer Reizung der Hirnsubstanz des φανταστικόν hervor, aus welcher im ersten Falle das getäuschte νοητικόν Engels-Gestalten mit flammenden

Schwertern, im zweiten Falle die ehernen Pforten einer anderen Welt sich als Trugvorstellungen erschuf. Alle sicheren pathologisch-anatomischen Beobachtungen, welche ich kenne, zeigen, dass hier überall das grosse Gehirn in seinen Hemisphärentheilen ausschliesslich betheiligt ist.

Der Raum in diesem Vortrage reicht nicht hin, um weitere Betrachtungen und Vergleichungen hier anzuknüpfen. Die Analogien, welche bei Irren, in Folge des Genusses narkotischer Substanzen, in der Trunkenheit, im Delirium tremens u. s. w. vorkommen, kann sich jeder selbst ziehen.

Es bleibt mir schliesslich nur ein Resumé und ein gedrängter Epilog übrig, womit ich mein vorläufiges Abschiednehmen von den Hirn-Untersuchungen bevorworten will.

Ich verkenne selbst nicht den unvermeidlichen dilettantenhaften Charakter, den ich statt eines strengen wissenschaftlichen, dieser zehnten Reihe encephalo-physiologischer Untersuchungen nur geben konnte, während ich zugleich den Anspruch mache, dass hier Momente zur Sprache gebracht wurden, welche eben die Aufgabe haben, einen exacteren Weg in einem Gebiete einzuschlagen, ohne dessen Bearbeitung wir niemals unsere heutige Psychologie zu einer wirklichen naturwissenschaftlichen Disciplin auszubilden vermögen. Diese Aufgabe muss aber gelöst werden, ohne dass man deshalb fordern darf, dass die Psychologie ganz in der Naturwissenschaft aufgehen soll. Ohne Astrologie würden wir noch heute keine Astronomie, ohne Alchymie keine Chemie haben. Die Phänomene, die ich heute behandelte, existiren und fordern ihre Erklärung, obwohl Jedermann davon abhorrirt; sie bilden die Vermittelung zwischen der Physiologie des Gehirns und der eigentlichen Psychologie. Sie umfassen diejenigen im Gehirne ablaufenden, aus dessen elementarer Anordnung zunächst einer Erklärung zugänglichen Processe, welche zwischen den einfachen Empfindungen und Bewegungen und dem geordneten Denken zwischen inne liegen, für dieses das erste Material liefern. Bei Verfolgung meiner Aufgabe, welche die Erforschung der Structur des Gehirns und die Functionen seiner einzelnen Theile sich stellte, durften sie nicht umgangen werden. Die mühselige Bearbeitung der pathologischen Hirn-Casuistik, welcher ich mich unterzog, gewährt manche Aufschlüsse; aber nur eine weitere und umfassendere Theilnahme der praktischen Aerzte, der Kliniker, der pathologischen Anatomen, der Irren-Aerzte; eine grössere Rücksichtsnahme derselben auf die anthropologisch-physiologischen Aufgaben, wie sie in jüngster Zeit verfolgt werden; eine gründliche Beschäf-

tigung mit der Encephalotomie, sowie Selbstbeobachtungen, wie ich sie hier in dieser zehnten Reihe angedeutet habe, können uns in diesem dunklen Gebiete weiter fördern. Die drei Grundbegriffe des Aristoteles, welche ich gebraucht habe, sollen keine bestimmte Ansicht über die in Betracht kommenden Seelenthätigkeiten aussprechen und keine bestehende präjudiciren. Ich habe sie gleichsam als neutrale gewählt, als handliche Ausdrücke, welche mir besser schienen, als die geläufigen der Schule, die wegen des verschiedenen Gebrauchs leicht zu Missverständnissen Veranlassung geben.

Schon früher bemerkte ich, dass ich als anatomischen Centralheerd des Phantastikons und Noetikons das grosse Gehirn, insbesondere dessen Rindensubstanz, mit Ausschluss des kleinen Gehirns, betrachte. Ich stütze mich dabei unter vielen anderen Belegen auf die ausgedehnte Reihe von Präparaten in der Sammlung Schröder van der Kolk's, welche ich vor einigen Jahren unter der intelligenten Führung dieses trefflichen Mannes durchsah. Die Meningitis als Mania idiopathica, ebenso wie die Dementia idiopathica, geben die Hauptbeweismittel. Es finden sich hier Exsudate oberhalb und unterhalb der Arachnoidea. Die Farbe der gyri ist sehr ungleich, namentlich bei Mania vehementissima, wo die pia mater sich schwer löst. Zieht man letztere ab, so bleiben Stücke vom Gehirn daran sitzen und die Sulci sehen wie corrodirt aus. In der Substantia corticalis findet man ausgedehnte Gefässe, Kerne mit Entzündungskugeln (Körnchenzellen). Lähmung erfolgt nur, wenn sich die Krankheit auf die corpora striata und die thalami fortpflanzt, wo die Arachnoidea fehlt und die pia m. stark festgeklebt ist. Beginnt die Dementia, so zeigt sich immer bei unheilbarer Stupidität (bei der heilbaren ist bloss Druck, wie bei Oedema cerebri, auf die Rindensubstanz vorhanden und maniakalische Anfälle fehlen) leichte Loslösung der pia m. von den gyri; das Gehirn ist bleich, die Gefässe sind atheromatös, es tritt Atrophie der Rindensubstanz ein; in den Höhlen, zwischen den Membranen, oberhalb und unterhalb der pia m. findet sich immer viel Wasser u. s. w. Die Manie scheint immer am heftigsten aufzutreten, wenn die Stirnlappen afficirt sind. Weiteres Eingehen auf diese Grundprocesse gestattet der Raum nicht.

Hier muss ich diese Betrachtungen abbrechen. Die sich häufenden neuen Sendungen für unsere anthropologische Sammlung drängen mich zur Fortsetzung der zoologisch-anthropologischen Untersuchungen; ebenso verlangt die für die Münchener historische Commission übernommene Geschichte der Zoologie

eine einstweilige Beiseitesetzung der vorliegenden Forschungen, für welche ich mein spärliches Material ohnedies, mit Ausnahme einer Experimental-Untersuchung über das Mittelgehirn, erschöpft habe. Nur neue und ausgedehntere Mittheilungen können mir die Fortsetzung ermöglichen, die bisher immer noch sehr spärlich flossen*). Wenn nicht ganz aufgegeben, müssen sie jetzt unterbrochen werden. So bleibt mir nur schliesslich der Dank für die Königliche Societät übrig, welche seit einer Reihe von Jahren meine Vorträge wohlwollend aufgenommen und denselben einen Platz in den Nachrichten und in den Bänden der Abhandlungen gewährt hat.

Diese ganze Abhandlung lag ihrem wesentlichen Inhalte nach längst druckfertig vor, wurde aber aus Gründen, welche schon die Eingangsworte besagen, bisher zurückgehalten. Seitdem erschien ein die hier behandelten Gegenstände wenigstens theilweise berücksichtigendes Werk: G. Th. Fechner's Elemente der Psychophysik, Leipzig 1860. S. vorzüglich dessen letzten Band: innere Psychophysik. Absichtlich habe ich das

---

*) Seit der Mittheilung der neunten Reihe muss ich dankbar zweier brieflicher Communicationen der Herren Harting in Utrecht und Bamberger in Würzberg erwähnen. Indem Harting mir den Tod meines Freundes, des Correspondenten unserer Societät, Schröder van der Kolk's in Utrecht, meldete, der am 1. Mai erfolgte, hat derselbe zugleich einen unersetzlichen Verlust für die verwandten Forschungen angezeigt. Schröder's Werk über Manie, mit dem dieser ausgezeichnete Anatom seit Jahren beschäftigt war, ist unvollendet geblieben und kann nicht mehr erscheinen. Gleichsam als letztes Vermächtniss fügte Herr Harting einen von Schröder beobachteten höchst interessanten Fall bei, der einen Beitrag zu meiner neunten Reihe bildet. Der als Arzt für Hirnkrankheiten vielfach consultirte Schröder van der Kolk erhielt den Besuch eines Kaufmanns in Begleitung seines Sohns, welcher erzählte, dass sein Vater keine Buchstaben mehr weder lesen, noch schreiben könne; er war daher auch nicht im Stande mehr, seinen eigenen Namen zu schreiben; dagegen erkannte er alle Ziffern noch ganz gut und jeden Abend summirte er noch selbst die Rechnungen in seinem Buche. Prof. Bamberger, dem ich eine wiederholte Unterstützung und Förderung in meinen Hirn-Arbeiten verdanke, theilte mir auf die Zusendung der neunten Reihe einen an die Broca'schen Fälle sich anschliessenden mit. Er betrifft eine etliche 30 Jahre alte Frau mit Insufficienz und Stenose der Mitralklappe, bei der vor länger als einem halben Jahre unter Bamberger's Augen ein apoplektischer Anfall eintrat. Derselbe hinterliess halbseitige Lähmung, die aber sehr rasch zurückging und gegenwärtig völlig verschwunden ist. Nur das Sprechvermögen ist total verloren gegangen, so dass die Kranke auch nicht einen Laut von sich zu geben im Stande ist. Durch Zeichen macht sie sich ganz gut verständlich, die Bewegungen der Zunge sind ebenfalls ungestört. Das Ergebniss der Section ist bei einem voraussichtlichen nicht fernen Tode abzuwarten.

so wichtige Werk nicht eher gelesen, als nachdem diese Abhandlung schon vollendet war, um in dem ganz unabhängigen Gange meiner Anschauungen nicht gestört zu werden. Man wird bei näherer Ansicht die Verschiedenheit und Selbstständigkeit meiner Betrachtungsmethode anerkennen müssen. Mein Zweck war lediglich, den Thatbestand des Beobachtungs-Materials zu mehren, insoweit einzelne Hirntheile bei einzelnen psychischen Thätigkeiten vorzugsweise betheiligt sind. Manches, was ich in der Abhandlung fordere, ist bei Fechner berücksichtigt, und ich hoffe, dass die Inangriffnahme dieses Gebiets von Seite eines exacten Physikers nur beitragen wird, dasselbe mehr und mehr in den Forschungskreis der gegenwärtigen Physiologen wieder hereinzuziehen. Durch Fechner bin ich auf Meyer's Schrift über die Nervenfaser hingewiesen worden, die ich ebenfalls nicht beachtet hatte. Zukünftigen Arbeiten muss die Benutzung des hier gegebenen Materials und die Vergleichung mit dem meinigen aufbehalten bleiben.

Ueber den Blutstrom in der Leber, insbesondere den in der Leberarterie.

Von

Dr. **Wladimir Betz** aus Kiew*).

(Hierzu Tafel II.)

Die in den letzten Jahren bekannt gewordenen Untersuchungen über den Stromlauf des Blutes in der Niere, dem Hoden etc. sind für die Physiologie dieser Organe wichtig genug, um den Wunsch nach einer ähnlichen Untersuchung auch anderer Gefässabschnitte rege zu machen. Aus diesem Grunde sah ich mich veranlasst, den Stromlauf in der Leber genauer zu untersuchen. Es leuchtet ein, dass dieses darum besonders interessant sein muss, weil in die Leber zwei Blutströme eingehen, deren Massenelemente eine sehr verschiedene beschleunigende Kraft besitzen; es ist also der Mühe werth nachzufragen, ob die Blutmenge, welche jeder der beiden Ströme in die Leber schickt, im Verhältniss steht zu diesen beschleunigenden Kräften. Wäre dieses der Fall, wäre also in der That der arterielle Strom ein sehr bedeutender im Verhältniss zu den durch die V. Porta verlaufenden, so würde daraus sicherlich geschlossen werden müssen, dass das Arterienblut nicht allein für die Ernährung der Lebermasse und die Bildung des Leberschleimes, sondern auch für die sogenannten Functionen der Leber, also für die Bildung der Wärme, des Zuckers, der Galle von unmittelbarer Bedeutung wäre. Der venöse Strom durch die Leber erhält aber noch dadurch eine besondere Stellung, dass er der Abflussweg des gesammten

*) Aus dem 46. Bande der Wiener Sitzungsberichte vom Verfasser zum Abdruck mitgetheilt.

Darmblutes ist. Die veränderlichen Widerstände, welche die Lebergefässe darbieten, werden also nicht bloss auf die Functionen der Leber, sondern auf die des ganzen Darmes einwirken.

I.

Zur Ausführung meines Vorhabens schien es mir zuerst nothwendig, eine hydraulische Untersuchung an der ausgeschnittenen Leber zu unternehmen. Aus einer solchen Versuchsreihe mussten nicht allein Winke für die Versuche hervorgehen, welche man am lebenden Organ vorzunehmen hatte, sondern es mussten sich auch geradezu Thatsachen finden lassen, die auf die lebendige Strömung angewendet werden könnten. Die Vorsichtsmassregeln, welche die künstlichen Durchströmungsversuche der Leber erfordern, sind zahlreiche, so dass die Untersuchung selbst zu einer sehr mühevollen wird. Die Apparate und Methoden, die ich bei dieser Versuchsreihe in Anwendung brachte, verdanke ich den Angaben von Herrn Professor C. Ludwig, in dessen Laboratorium ich arbeitete.

Die erste Bedingung, welche erfordert wurde, war die unverrückte Aufstellung der Leber in einer der normalen analogen Lage. Um sie zu bewirken, diente der Apparat, welcher auf der Tafel abgebildet ist. An einem starken Halter *a* war ein Teller *b* aus doppeltem, steifem, verzinntem Eisenblech verschiebbar angebracht; dieser Teller besass auf seiner obern Fläche eine convexe Wölbung, die ringsum von einem etwa 40 Cent. breiten steifen und ebenen Rande umgeben war. Am gewölbten Theil war der Teller durchbohrt von fünf Metallhülsen, die an ihn angelöthet waren. Drei davon, *c*, *d*, *e* sollten Zuflussröhren zu den Blutgefässen enthalten; eine vierte *f* sollte dazu dienen, um den Luftraum um die Leber zu comprimiren oder zu verdünnen; eine fünfte endlich *g* nahm einen Stab auf, der oben einen horizontal gestellten Ring trug, während er nach unten durch eine knieförmige Biegung mit dem Halter *a* verbunden werden konnte; zwischen den Ring und den Teller wurde die Leber eingeschoben, wie es die Figur zeigt. Damit ihre Befestigung daselbst der normalen möglichst gleich komme, wurde die Leber mit dem ganzen Zwerchfelle vorsichtig herausgeschnitten und dieses letztere mit seinen Rändern sorgfältig an den Ring angenäht, so dass die Leber, durch ihre normalen Peritoneal-Falten getragen, von ihm herabhing; darauf wurde die Leber vorsichtig auf die Wölbung des Tellers herabgelassen und dann die beiden Theile des Apparates gegen einander festgestellt. Durch diese doppelte Unterstützung und die Lagerung des Organes

auf einer gewölbten Fläche blieb nicht allein der Zugang zur Porta vollkommen offen, sondern es konnten auch die zwischen den Leberlappen verlaufenden grösseren Blutgefässe vor der Compression geschützt werden. Schon vor dem Aufbinden der Leber waren in die Blutgefässstämme drei möglichst entsprechende Glascanülen eingefügt; die der Lebervene entsprechende Röhre war aus einleuchtenden Gründen in das Herzende der Vena cava inferior oberhalb des Zwerchfelles eingesetzt, nachdem dieselbe vor dem Eingang in die Leber sorgfältig unterbunden war. Das aus dem obern Ende der vena cava inferior hervorgehende Rohr war doppelt rechtwinklig gebogen, in der Mitte seines horizontalen Stückes befand sich eine verschliessbare Oeffnung. Ich bemerke sogleich, dass diese zum Auslassen der Luftblasen dienen sollte, welche aus der Leber durch den Strom herausgeführt wurden. Die drei Glascanülen wurden, nachdem die Leber fixirt war, mittelst Kautschuk-Schläuchen an die Metallröhren des Apparates *c*, *d*, *e* befestigt. An das Ende der letzten, welche unter dem Blechteller hervorragten, konnten diejenigen Stücke angefügt werden, welche das Zu- und Abfliessen zur Leber besorgen sollten. Den Zufluss liess ich aus einer entsprechend weiten und langen senkrechten Röhre geschehen, deren Inhalt kalibrirt war. Die Figur zeigt die Art und Weise ihrer Aufstellung.

Ueber die Leber konnte eine geräumige Glasglocke gestülpt und diese durch die Schrauben und Haken *k* auf den Teller festgestellt werden. Diese Verbindung zwischen den ebenen Rändern der Glocke und des Tellers war luftdicht herzustellen mittelst einer ringförmigen Lederscheibe, die zwischen beide gelegt wurde. Bei dem Versuche, der einen luftdichten Verschluss verlangte, umgab ich auch die Röhre, welche den Träger der Leber führte, mit einem Kautschukschlauch, der auf die Röhre und den Stab *g* festgebunden werden konnte. Wollte man nach Herstellung des luftdichten Verschlusses den Luftdruck um die Leber ändern, so hatte man nur nöthig, durch die Röhre *l*, welche mit dem Kautschuk verschlossen werden konnte, Luft einzublasen oder auszuziehen. Ein an die Seitenöffnung des Schlauches gesetztes Quecksilbermanometer gab die Spannung an, welche die Luft unter der Glocke besass.

Um die Leber zum Versuche vorzubereiten, befreite ich ihre Gefässe von Gerinnseln und Blut, indem ich eine verdünnte Gummilösung durch dieselbe gehen liess; ich führte diesen Strom unter geringerem Druck, sowohl von der Arteria hepatica und Vena portarum zur Vena hepatica als auch in

umgekehrter Richtung; erst dann, wenn die Flüssigkeit nach beiden Richtungen farblos abfloss und die Leberoberfläche überall ein blutfreies reines Gelb zeigte, erklärte ich das Auswaschen für beendet. Diese Operation muss sehr sorgfältig ausgeführt werden, damit nirgends eine Zerreissung eintritt, sie dient zugleich dazu, um diejenigen kleinen Collateraläste aufzufinden, welche mit dem Lebergefässsystem in Verbindung stehen; diese Aestchen müssen sorgfältig unterbunden werden. Wenn die Leber durch mehrstündiges Auswaschen mittelst der dünnen Flüssigkeit von Blut befreit ist, so ist sie auch beträchtlich aufgequollen. Diese Quellung ruft auch eine bedeutende innere Spannung hervor; um diese auszugleichen, lässt man dann die Leber etwa 12—16 Stunden in einem durch Eis gekühlten Raume stehen, in dieser Zeit fliesst die Flüssigkeit allmälig ab. — Die Flüssigkeit, welche ich zu dem definitiven Versuche benützte, war eine sehr concentrirte zähe Lösung von Gummi arabicum; sie wurde durch Eindampfen einer dünnen wohl filtrirten Lösung auf dem Wasserbade bereitet; sie führte allerdings eine bedeutende Stromhemmung ein, sie gewährte dagegen den Vortheil, dass sie leichter und billiger herstellbar ist, als jede andere, welcher die Aufgabe gestellt ist, während des Stromes jegliche Filtration zu vermeiden, eine Bedingung, welche natürlich durchaus erfüllt sein muss. Diese concentrirte Gummilösung führt man unter einem beliebigen Druck so lange durch die Leber, bis alle in ihren Gefässen enthaltene Luft vollständig entfernt ist. Beginnt man nun den Versuch unter einem constanten Druck, so macht man alsbald die Bemerkung, dass die in der Zeiteinheit aus der Lebervene kommende Flüssigkeitsmenge, trotz constantem Druck, sich mit der Dauer des Versuches ändert, und dass erst nach 10 und mehr Minuten die Geschwindigkeit des Stromes in der Lebervene eine constante wird. Dieselbe Bemerkung macht man, wenn man von einem zum andern Druck übergeht, und namentlich ist die im Beginne ausströmende Menge grösser, als die später kommende, wenn der vorhergehende Druck grösser war. Im anderen Falle ist sie dagegen kleiner; der Grund dieser Erscheinung liegt offenbar darin, dass die Lebergefässe erst allmälig den Grad der Ausdehnung annehmen, welcher dem angewendeten Stromdruck entspricht. Daraus folgt die Regel, dass man die dem vorhandenen Stromdruck zukommende Ausflussmenge erst dann erhalten wird, wenn sich der Strom mit der Leberspannung ins Gleichgewicht gesetzt hatte. Den Eintritt dieses Zeitpunktes kann man entweder daraus erkennen, dass die Aus-

flussgeschwindigkeit constant geworden ist, oder noch besser daraus, dass man die Menge der ein- und ausströmenden Flüssigkeit misst. Sind beide Mengen gleich und constant, so ist der gewünschte Zustand eingetreten. Sollte trotz der eingetretenen Gleichheit die Ausflussmenge noch fortwährend mit der Dauer des Versuches abnehmen, so würde dieses anzeigen, dass durch die Aufquellung der Leberzellen und die Anfüllung der Gallengänge das Strombett verändert wurde; in diesem Falle wäre jede Fortsetzung des Versuches so lange zu unterlassen, bis man die Gummilösung durch Eindampfen auf dem Wasserbade zu einem Grade eingedickt hätte, bei dem sie nicht mehr quellend wirken konnte.

Wenn man nun nach der besonderen Absicht fragt, welche ich mit den hydraulischen Versuchen verband, so erfolgt die Antwort, dass ich durch dieselben weder die wahren dem lebendigen Strom zukommenden Verhältnisse zwischen Drucken und Geschwindigkeiten und ebenso wenig die gewöhnlichen hydraulischen Aufgaben lösen wollte, nach welchen die Aenderung zwischen Druck und Geschwindigkeit aus den variablen Dimensionen der Röhren und dem Reibungs-Coëfficienten ihrer Wand abgeleitet werden soll. Ich beabsichtigte nur folgende Fragen zu lösen:

1. In welchem Verhältniss steht die mittlere Geschwindigkeit in der Arteria hepatica und Vena portarum, wenn die Drücke an den Einflussmündungen gleich gross sind; in diesem Versuche soll die mittlere Geschwindigkeit die durch je eines dieser Gefässe in der Zeiteinheit geflossene Menge, dividirt durch den Querschnitt des Stromrohres, bedeuten.

Da es misslich erschien, den Durchmesser des Gefässes während des Stromes zu messen, so zog ich es vor, das Verhältniss der beiden Gefässlumina an mehreren Lebern zu bestimmen, deren zuführende Blutgefässe ich unter constantem Druck mit einer gleich concentrirten Leimlösung angefüllt hatte. Zur sicheren Untersuchung beider Gefässe waren beide Leimlösungen mit verschiedenen flüssigen Farbstoffen gefärbt. Nachdem die injicirte Leber erkaltet und durch Spiritus erhärtet war, fertigte ich mir Durchschnitte an, welche senkrecht gegen die Längenaxe der Gefässe gerichtet waren; dass diese letztere Bedingung erfüllt war, wurde daraus erkannt, dass die Gefässdurchschnitte vollkommen kreisrund waren. An vielen Schnitten von vier auf diese Weise vorbereiteten Lebern habe ich mit der Loupe und einem Glasmassstab sehr zahlreiche Messungen vieler neben einander laufender Aeste unternommen. Die Grenzen der Durchmesser der gemessenen Arterien

lagen hierbei zwischen 0.20 und 1.65 Millim., die der Venenäste zwischen 7.00 und 0.75 Millim.; aus diesen Messungen ergab sich an allen Lebern, dass sich das Verhältniss der Arterie zur Vene zwischen 1 zu 3.75 — 1 zu 6.6 änderte. Diese eben gegebenen Grenzen bildeten jedoch die Ausnahme; in der Regel verhielten sich beide Durchmesser wie 1 zu 5. Ich glaube darum berechtigt zu sein, dieses letztere Verhältniss den folgenden Betrachtungen zu Grunde zu legen.

Um das Verhältniss der mittleren Geschwindigkeiten in beiden Gefässen zu finden, hatte man nach den eben hingestellten Voraussetzungen nur nöthig, die Ausflussmenge aus der Pfortader mit dem 25fachen Werthe der Ausflussmenge aus der Leberarterie zu dividiren.

Da es von vorn herein wahrscheinlich war, dass der Strom in der Leberarterie, durch einen gleichzeitig bestehenden, in der Pfortader wesentlich geändert werden würde, so verfuhr ich theils so, dass ich den Strom an jedem von beiden Gefässen zu verschiedenen Zeiten erfolgen liess, theils aber auch so, dass der Strom gleichzeitig durch beide Gefässe floss. Bei dem letztern Verfahren mass ich die Ausflussmenge aus der Lebervene und zugleich am Einflussrohr in der Arterie die Menge des Abfliessens. Der letzgenannte Werth gab die Quantität des arteriellen Stromes; zog man ihn ab von dem aus der Lebervene ausgeflossenem Volum, so erhielt man das Stromquantum in die Pfortader.

Tab. **A.** Ungleichzeitige Ströme durch die beiden Gefässe.

Druck in Millimetern.	Ausflussmenge durch die Arteria hepatica.	Ausflussmenge durch die Vena portarum.	Verhältniss der mittleren Geschwindigkeiten in beiden Gefässen; die in der Arterie = 1.
400	0.73 C.-C.	45 C.-C.	2.4
600	1.10 „	65 „	2.4
800	1.47 „	90 „	2.5

Tab. **B.** Gleichzeitiger Strom durch die beiden Gefässe.

Druck in Millimetern.	Ausflussmenge aus der Arteria hepatica im Verlaufe von 5 Min.	Ausflussmenge aus der Lebervene im Verlaufe von 5 Min.	Verhältniss der mittleren Geschwindigkeiten in beiden Gefässen; die in der Arterie — 1.
400	0.18 C.-C.	12.2 C.-C.	2.7
350	0.13 „	9.4 „	2.9
300	0.09 „	6.1 „	2.0
250	0.04 „	3.9 „	4.0

Diese Zahlen zeigen jedenfalls, dass der Strom durch die Leberarterie mit viel grösseren Widerständen zu kämpfen hat,

als der venöse; denn der erstere steht gegen den zweiten an mittlerer Geschwindigkeit um mindestens das Doppelte zurück.

Zum Beweise für die geringe Geschwindigkeit des Stromes durch die Leberarterie im Verhältniss zu dem durch die Pfortader kann auch noch folgender Fall meines Tagebuches herbeigezogen werden.

Druck in der Arteria hepatica in Millim.	Ausflussgeschwindigkeit im Verlaufe von 5 Minuten.	Druck in der Vena portarum in Millim.	Ausflussgeschwindigkeit im Verlaufe von 5 Minuten.
850	0.55 C.-C.	400	26.45 C.-C.
850	0.46 „	600	31.58 „

2. Unsere Versuche liefern auch den Beweis, dass der Strom durch die Art. hepatica beeinträchtigt wird, wenn gleichzeitig ein solcher durch die Vena portarum geht.

Tabelle C.

Druck in der Arteria hepatica in Millim.	Ausflussmenge im Verlaufe v. 5 Min. in C.-C.	Druck in der Vena portarum in Mill.	Druck in der Arteria hepatica in Mill.	Ausflussmenge im Verlaufe v. 5 Min. in C.-C.	Druck in der Vena portarum in Mill.	Druck in der Arteria hepatica in Mill.	Ausflussmenge im Verlaufe v. 5 Min. in C.-C.	Druck in der Vena portarum in Mill.
880	2.70	0	850	1.15	0	850	1.15	0
		200						
—	2.30		—	0.92	200	—	0.92	200
		400						
—	2.20		—	0.46	400	—	0.55	400
		600						
—	2.00		—	0.23	600	—	0.46	600

Aus naheliegenden anatomischen Gründen haben die Ergebnisse der unter 1 und 2 vorliegenden Beobachtungen nichts Auffallendes. Der arterielle Strom muss in der Leber einen grösseren Widerstand finden, als der venöse, weil die Arterie in ihren Stämmen und Zweigen viel enger ist, als die Vene in den entsprechenden, noch mehr aber darum, weil der arterielle Strom vor seinem Eintritt in die Capillaren der Leberinseln erst das ernährende Capillarnetz der Leberwandungen zu durchsetzen hat.

Die Beeinträchtigung aber, welche der arterielle Strom vom venösen erfährt, kann zwei Gründe haben: Einmal hindert im straffen Gewebe der Leber die Spannung der Pfortaderzweige die Ausdehnung der Leberarterie, resp. die Ausdehnung des capillaren Stromnetzes auf den Wandungen der Vene. Andererseits muss aber auch das Einfliessen in das Inselnetz von der Arterie aus durch den Strom von Seiten der Vena portarum gehindert werden.

Die unter Umständen grosse Hemmung, welche der Strom der Leberarterie erfährt, kann aber auch von physiologischer Bedeutung sein. Offenbar kann nämlich wegen des veränderlichen Widerstandes, welchen das Blut der Darmarterien in den Capillaren der Eingeweide findet, der Druck, mit dem das venöse Blut in der Leber strömt, ein sehr veränderlicher sein. Sinkt der Druck in derselben, so wächst dafür der Strom durch die Arterie und ersetzt der Leber wenigstens theilweise den geschwächten Zufluss von der Pfortader; zugleich vermindert auch dann der rasche Abfluss durch die Arteria hepatica die stärkere Spannung in den Darmarterien.

3. Da nun aber die vorliegenden Versuche die relative Bedeutungslosigkeit des arteriellen Stromes dargethan haben, so wendete ich meine Aufmerksamkeit vorzugsweise dem venösen Strome zu; namentlich schien es mir wichtig, zu untersuchen, wie sich der Venenstrom änderte, mit dem veränderlichen Füllungszustand der Leberzellen und der Gallengänge, und mit dem veränderlichen Druck, der auf der Oberfläche der Leber lastet.

Um den Strom bei veränderlicher Anfüllung der Gallengefässe zu untersuchen, setzte ich in den Ductus choledochus ein senkrechtes Rohr, welches ich mit concentrirter Gummilösung bis zu der gewünschten Höhe anfüllte; hierbei machte ich die jedem praktischen Anatomen bekannte Bemerkung, dass die Flüssigkeit in dem senkrechten Röhrenschenkel unterhalb gewisser Grenzen einen constanten Stand behauptete; war dieselbe überschritten, so sank der Druck plötzlich ab. Offenbar waren dann die Blut- und Lymphgefässe, die sich auf den Gallengängen verbreiten, zerrissen.

Die so angestellten Versuche ergaben folgendes Resultat:

Tabelle **D.**

Druck in der Pfortader in Millim.	Ausfluss aus der Lebervene im Verlaufe von 5 Min. in C.-C.	Druck der in den Gallengängen vorhandenen Flüssigkeiten in Millim.	Druck in der Pfortader in Millim.	Ausfluss aus der Lebervene im Verlaufe von 5 Min. in C.-C.	Druck der in den Gallengängen vorhandenen Flüssigkeiten in Millim.
320	6.60	200	320	8.30	60
—	5.55	305	—	7.70	85
—	4.80	400	—	5.88	150
—	4.40	500	—	5.50	250
—	4.40	600	—	5.50	310
—	—	plötzlich gesunken	—	4.40	415
					500
					plötzlich gesunken

Aus diesen Versuchen geht deutlich hervor, dass durch eine Hemmung im Ausflusse der Galle der Pfortaderstrom um ein sehr Merkliches beeinträchtigst ist.

Auf eine ähnliche aber noch einflussreichere Weise wirkt die veränderliche Anfüllung der Leberzellen; leider stand mir kein Mittel zu Gebote, um die veränderliche Anfüllung der Leberzellen zu messen. Einen qualitativen Massstab gewährt jedoch der Härtegrad der Leber; diesen suchte ich dadurch veränderlich zu machen, dass ich auch durch die Pfortader Ströme einer dünnen Gummilösung unter verschiedenem Drucke führte und hinter dem bald hohen, bald niedern Drucke immer wieder unter demselben Drucke durch die Pfortader strömen liess, beispielweise also die Ausflussmenge aus der Lebervene beim Druck von 400 Millim. aus der Pfortader maass, nachdem vorher der Reihe nach ein Druck von 200, 600, 800 Millim. gewirkt hatte.

Ich fand dabei constant, dass derselbe Druck, wenn er unmittelbar unter höherem folgte, eine geringere Ausflussgeschwindigkeit erzielte, als wenn ein niederer vorausgegangen war. Dass diese Erscheinung auf eine Hemmung des Strombettes von Seite der Leberzellen bezogen werden muss, ergibt sich daraus, weil die Gallengänge und Lymphgefässe dabei vollkommen leer blieben.

Da im physiologischen Zustande die Leber wegen veränderlicher Füllung ihrer Zellen sehr beträchtliche Variationen ihres Volums erfährt, so ist diese Erscheinung von grosser Wichtigkeit; man sieht sogleich ein, dass der Füllungsgrad der Leber ein Mittel abgibt, um den Blutstrom durch dieselbe zu regeln; inwiefern diese Minderung des Blutstromes von Einfluss auf die Zellenfunctionen ist, müssen wir freilich dahingestellt sein lassen.

Die Mehrung des äusseren Druckes endlich suchte ich den natürlichen Verhältnissen entsprechend und namentlich der veränderlichen Stellung des Zwerchfelles und der ungleichen Anfüllung der Baucheingeweide gemäss dadurch zu erzielen, dass ich den Luftdruck unter der Glocke mehrte. Diese Druckerhöhung konnte nur von Einfluss auf das Strombett in der Leber sein, da die Pfort- und Leberadermündungen ausserhalb der Glocke sich befanden. Die Versuche ergaben folgendes Resultat:

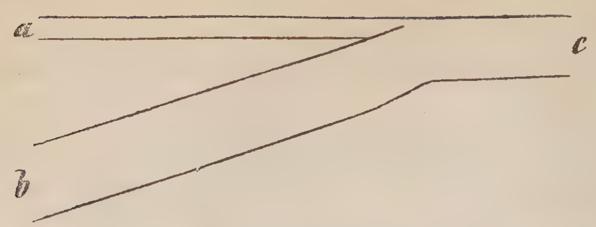
Tabelle E.

Druck in der Pfortader in Mill.-Lösung.	Ausflussmenge aus der Lebervene im Verlaufe von 5 Minuten.	Höhe des Luftdruckes auf die Leberoberfläche in Quecksilber-Millimeter.	Druck in der Pfortader in Mill.-Lösung.	Ausflussmenge aus der Lebervene im Verlaufe von 5 Minuten.	Höhe des Luftdruckes auf die Leberoberfläche in Quecksilber-Millimeter.
320	6.60	0	320	8.40	0
—	3.30	10	—	5.50	10
—	1.40	20	—	1.66	20

Man sieht, welch grosse Hemmungen geringe Aenderungen des äusseren Druckes besitzen.

Abgesehen von allen anderen Folgen, die die drei erwähnten Umstände: Anfüllung der Gallengänge, Schwellung der Leberzellen und Druck auf die Leberoberfläche auf die Thätigkeit der Leber hervorrufen können, haben sie eine grosse Bedeutung für den Strom des Blutes in sämmtlichen Unterleibseingeweiden und möglicher Weise sogar auf den Strom in allen übrigen Gefässen. Durch die Stromhemmung in der Leber muss die Spannung in den Darmgefässen erhöht werden, und so könnte es kommen, dass durch die in Folge der Verdauung herbeigeführte Leberschwellung die Darmgefässe zum Strotzen gebracht werden. Die Hemmung in der Leber muss aber auch die Spannung im übrigen arteriellen Systeme erhöhen, und aus bekannten Gründen, vorzugsweise in den Schlagadern, die den Darmarterien zunächst liegen: in dieser Rücksicht verdient in erster Ordnung die Nierenarterie genannt zu werden.

Zum Schlusse dieser Durchströmungsversuche will ich noch eine Erfahrung über den Seitendruck anfügen, die mir nicht unwichtig scheint. Ich setzte wiederholt ein Manometer in die Leberarterie, während der Strom von der Pfortader zur Lebervene, oder auch umgekehrt, ging; hier wurde niemals ein Aufsteigen der Wassersäule im Manometer bemerkt, selbst wenn man den Strom Stunden lang durchführte; daraus muss man schliessen, dass die Verbindung zwischen der Leberarterie und den Capillaren der Leberinseln durch einen Strom in den Venen geschlossen wird, eine Thatsache, welche schon in den obigen Erfahrungen angedeutet wurde. Sass das Manometer in der Lebervene, während der Strom von der Leberarterie zur Pfortader ging, so erreichte dasselbe einen viel niedrigeren Stand, als wenn das Manometer in der Pfortader sass und der Strom von der Arterie zur Lebervene lief. Stellt man sich nach der Angabe der beistehenden Zeichnung unter



a die Leberarterie, unter b die Pfortader, unter c die Lebervene vor, so deutet der Versuch darauf hin, dass der Uebertritt der Flüssigkeit aus der Arterie in die Pfortader leichter sein müsse, als aus der Arterie in die Lebervene.

Diese Beobachtung findet sich in Uebereinstimmung mit der bekannten anatomischen Thatsache, dass das Blut der Leberarterie, bevor dasselbe in die Leberinseln eingeht, mit dem Blute der Pfortader communicirt.

II.

An diese Versuchsreihe an den todten Lebern sollte sich anschliessen eine Reihe von Beobachtungen an dem lebenden Organ. Da bekanntlich absolute Geschwindigkeitsbestimmungen des Blutstromes mit grossen Unsicherheiten behaftet sind, so war ich beschränkt auf Bestimmungen des Druckes und auf Beobachtungen der Störungen, welche nach Unterbindung der Gefässe, namentlich der Leberarterie, eintreten. Meine Zeit hat mir jedoch nur erlaubt, die letztere Reihe von Beobachtungen auszuführen.

Die Methode, nach welcher die Unterleibsarterien im physiologischen Institute der Josephs-Akademie unterbunden werden, stellt sich die Aufgabe, jene Operationen zu vollenden, ohne dass die Unterleibseingeweide vor die Bauchdecken gebracht werden. Dieses Ziel ist immer dadurch zu erreichen, dass man einen katheterartig gebogenen Kupferdraht an seiner krummen Spitze platt schlägt, die Schärfen des Randes abrundet und dann die platte Seite durchbohrt; die Durchbohrung muss einen starken Faden aufnehmen können. Diesen Stab führt man gegen die betreffende Arterie und durchbohrt mit dem stumpfen Rande, indem man einen Finger der andern Hand entgegenhält, das Peritoneum hinter dem Gefässe; dann hebt man die den Faden tragende Spitze bis in die Bauchwunde und zieht ein Ende des Fadens heraus, bringt dann den Stab hinter der Arterie zurück und schnürt zu. Die einzige Schwierigkeit, welche sich der Ausführung dieses Verfahrens entgegensetzt, besteht im Aufsuchen der einzelnen Arterien an einem Orte, an welchem sie möglichst isolirt und ohne Zerstörung wichtiger Nebengebilde umstochen werden können.

Den Stamm der Leberarterie kann man äusserst leicht auffinden, wenn man bei kleinen Hunden eine zollgrosse Oeffnung in der Linea alba unterhalb des Processus xiphoideus

angebracht hat; führt man den Finger an die concave Leberfläche, so fühlt man alsbald die Leberarterie pulsiren, und indem man der Pulsation nachgeht, gelangt man leicht an die Stelle, an welcher die Leberarterie aus der Coeliaca hervorgeht. An ihrem Ursprunge liegt sie von einem starken Nervenbündel umschlossen; will man Gefäss und Nerven zugleich abbinden, wie ich dies meist gethan habe, so hat die Operation weiter keine Schwierigkeit; will man dagegen die Nerven abtrennen, so muss man die Arterie hervorziehen und die Isolation in der Wunde vornehmen; diese Handgriffe können nur bei sehr kleinen Hunden ausgeführt werden. Hat man aber den Stamm der Arterie unterbunden, so ist die Zufuhr des Arterienblutes nicht vollständig unterbrochen, weil die Anastomose der Leberarterie mit der Pancreatico-duodenalis noch offen steht. Da diese Anastomose bei Hunden keineswegs eine grosse ist, so wird wahrscheinlich die Zufuhr des arteriellen Blutes durch die Unterbindung des Stammes sehr vermindert. Will man aber auch diesen Zufluss abschneiden, so muss man unmittelbar vor oder nach der Theilung der Arterie in ihre Aeste den Faden anlegen; da aber an jener Stelle Pfórtader und Gallengänge innig an der Arterie anliegen, so ist es gerathen, hier die Unterbindung nur dann vorzunehmen, während man das Gefäss vor Augen hat. Um auch dieses bei einer Bauchwunde von den oben angegebenen Dimensionen und ohne Hervorziehung von Baucheingeweide möglich zu machen, lege man vorgängig einen Faden unter den Arterienstamm und ziehe mit Hülfe desselben die Arterie bis zu ihrer Theilung in die Bauchwunde. Indem man sich durch einen Gehülfen die Arterie in der Wunde fixiren lässt, kann man die Unterbindung der einzelnen Aeste nach Belieben ausführen. Hat man sich einige Uebung erworben, so folgt auf die Operation öfter nur eine gelinde Peritonitis.

Wenn ich aus meinen Beobachtungen das Resultat ziehe, so ergibt sich, dass in den Fällen, wo nur der Stamm der Arterie unterbunden war, gar keine nachtheiligen Folgen eintreten, wenn man die abrechnet, welche unmittelbar durch die Operation herbeigeführt wurden.

Ueberlebten die Thiere diese Peritonitis, so nahmen sie wieder Futter zu sich ein, tödtete man die Thiere, so wurde die Leber ganz normal gefunden. Wurde dagegen die Arterie jenseits der Anastomose mit der Pancreatico-duodenalis unterbunden, so fanden sich 24 Stunden nach der Unterbindung in der Leber einzelne apoplectische Blutergüsse; untersuchte man 48 Stunden nach der Operation, so waren in grösserer

oder geringerer Ausdehnung fettige Degenerationen des Lebergewebes da. Waren die Leberzellen noch vorhanden, so waren sie mit stark lichtbrechenden Tropfen gefüllt, welche sich in Aether lösten; noch später waren auch die Leberzellen verschwunden und durch eine fettige Masse ersetzt. Zwischen den degenerirten Lebermassen lagen andere vollkommen normale zwischen inne.

Da man behauptet hat, dass durch Unterbindung der Leberarterie die Gallenabsonderung unterdrückt werde, so habe ich natürlich auf diesen Punkt meine besondere Aufmerksamkeit gerichtet; in keinem einzigen Falle habe ich jedoch eine Thatsache bemerkt, welche auf eine Störung der Gallenabsonderung hätte schliessen lassen, wie und wo auch die Leberarterie des Hundes unterbunden war, in allen Fällen war die Blase mit Galle gefüllt, die sich zu den gewöhnlichen Reagentien der normalen ganz gleich verhielt, und ebenso enthielt der Darmkanal einen gallig gefärbten Inhalt.

Die Resultate meiner Versuche erwecken nun allerdings nicht einmal den Verdacht, als ob die Leberarterie an der Gallenbildung betheiligt sei. Sie sind aber auch nicht dafür beweisend, dass sich die Leberarterie der Gallenbildung enthalte; endlich sind sie auch nicht im Widerspruche mit den Beobachtungen von Kottmeyer, nach welchen bei dem Kaninchen wenigstens die Galle als ein Product des arteriellen Blutes angesehen werden sollte.

Uebereinstimmend mit dem letztern fand ich, dass auch beim Hund die Unterbindungen zu Degenerationen der Leber führen; diese Zerstörungen scheinen ganz den Weg einzuschlagen, den man auch in anderen Organen, z. B. in der Niere, verfolgen kann, wenn ihre Arterienstämme unterbunden wurden. Es scheint, dass aber auch in der Leber des Hundes der Zerstörungsprocess langsamer vorschreitet, als in der des Kaninchens, gerade so, wie es unter ähnlichen Umständen in der Niere der beiden Thiere der Fall ist.

Dieser Umstand lässt es erklärlich erscheinen, dass in meinen Versuchen die Leber noch Galle enthielt, während sie in den von Kottmayer angestellten nicht mehr aufzufinden war. Auch bei meinen Hunden wäre gewiss keine Galle mehr da gewesen, wenn der fettige Zerfall des Organs noch weiter fortgeschritten sein würde.

Fasst man unter dem eben hingestellten Gesichtspunkte, den schon Küthe geltend gemacht hat, den Zusammenhang zwischen dem arteriellen Blut und der Gallenbildung auf, so würde derselbe nur ein sehr indirecter sein; er würde dar-

auf hinauslaufen, dass die Arterie das gesunde Bestehen derjenigen Apparate möglich machte, welche aus dem Blute der Leberinseln die Galle abscheiden. Mit der Annahme, dass die Arterie das Ernährungsblut des Lebergerüstes führt, stimmen nicht allein der bekannte Verlauf ihres ersten capillaren Systems überein, sondern auch die im ersten Theile dieser Abhandlung niedergelegten Erfahrungen über die relative Geringfügigkeit des Blutstromes, der in der Leberarterie kreist, und endlich die Thatsache, dass das Venenblut aus den Leberinseln nicht in die Leberarterie zurückfliessen kann — denn diese Blutart ist bekanntlich zur Ernährung der Gewebe nicht geschickt.

Wollte man nun aber die Meinung aussprechen, dass die eben hingestellten Wahrscheinlichkeitsgründe durch die auch nach der Unterbindung aufgefundene Anwesenheit von Galle zum vollkommenen Beweis dafür ergänzt würden, dass die Leberarterie zur Gallenbereitung nicht nothwendig ist, so würde man mit Recht einwenden können, dass die Zeit, welche in meinem Versuche zwischen der Unterbindung und dem Tode der Thiere verstrichen war, möglicher Weise viel zu kurz gewesen sei, als dass die in der Leber von früheren Secretionsacten her angehäufte Galle schon hätte verschwinden können.

Aus allem diesem folgt, dass die vorliegende Frage nur durch Messungen erledigt werden kann, welche die Abhängigkeit der Gallenabsonderung von der Aenderung im Arterienstrom feststellen. Die dauernde oder vorübergehende Unterbindung der Arterie muss also gleichzeitig mit der Anlegung von Gallenfisteln vorgenommen werden: diese Versuche behalte ich mir für die nächste Zukunft vor.

Versuche mit Unterbindungen der Leberarterie.

1. Versuch. Die Ligatur wurde an zwei Stellen angelegt und die Wunde zugenäht, das Thier war ganz munter, trank Wasser, nahm aber keine Nahrung ein. Nach 48 Stunden wurde das Thier getödtet. Autopsie: In der Bauchhöhle ist ein leichter Grad einer Peritonitis zu bemerken und nur ein schwach trübes Exsudat vorhanden. Die Gefässe aller Bauchorgane sind nicht übermässig mit Blut gefüllt. Der Hauptstamm der Leberarterie und ein zweiter ziemlich dicker Stamm, der zur Gallenblase und linken Leberhälfte geht, sind vollständig unterbunden. Die Leber zeigt an der Oberfläche stellenweise Substanzverluste mit Durchbohrung ihres

serösen Ueberzuges; an einzelnen Stellen ist die Lebersubstanz heller. Die Gallenblase ist mit gelbbrauner Galle gefüllt; die Contenta der Gedärme sind von Galle gefärbt.

2. Versuch. Nach Unterbindurg der Leberarterie war das Thier munter, frass sogar etwas, es wurde nach 48 Stunden getödtet. Autopsie: Eine bedeutende Peritonitis mit sehr schwachem Exsudat. Das Netz, schmutzig roth, ist an der Stelle der Ligatur durch ein ziemlich festes Exsudat mit den in die Leber tretenden Gefässen verlöthet; die anderen Organe sind bis auf eine leichte Peritonitis nicht abnorm. Unterbunden sind der Hauptstamm der Leberarterie und der Ast, welcher von der Arteria pancreatico-duodenalis in den rechten Leberlappen geht. Die Gallenblase ist mit Galle gefüllt. Die Lebersubstanz zeigt auf dem Schnitte gelbe Flecken, die allmälig in die Farbe der Lebersubstanz übergehen und von Mohnkorn- bis Hanfsamengrösse sind.

3. Versuch. Das Thier zeigte nach der Unterbindung nichts von den früheren Fällen sich Unterscheidendes und wurde nach 48 Stunden getödtet. Autopsie: Heftige Peritonitis, das Exsudat im kleinen Becken und von beiden Seiten der Wurzel des Gekröses ist flüssig trüb. Die Leber ist an den Rändern gleichmässig dunkelroth, an der Oberfläche sind an einzelnen Stellen weisse Flecken, die, wie es auf dem Schnitte zu sehen ist, in die Substanz eindringen, selbst stellenweise die ganze Substanz durchsetzen und sich vereinigen. Manche Flecken sind bis $^1/_4$ Zoll breit. Die mikroskopische Untersuchung zeigte, dass die Leberzellen mit Fett gefüllt waren, indem zwischen den Leberläppchen viel Fett vorhanden war. Die Gallenblase ist mit brauner Galle gefüllt; die Darmcontenta damit gefärbt. Unterbunden sind der Hauptstamm der Arteria hepatica und ein ziemlich dicker Stamm, der in den linken Leberlappen geht.

4. Versuch. Die Arterie wurde an zwei Stellen unterbunden. Der Gesundheitszustand wie in früheren Fällen. Nach 26 Stunden wurde die Nath (wie gewöhnlich) von der Wunde abgenommen. Das Thier aber riss sich zufällig an einem scharfen Rand die Wunde auf und starb nach 6 Stunden. Autopsie: 33 Stunden nach der Unterbindung. Eine heftige Peritonitis mit einem bedeutenden gelblichen dicken Exsudat. Alle Organe sind stark injicirt und stellenweise sind die Dünngedärme unter einander und mit dem Netz durch Exsudat zusammengelöthet. Unterbunden ist der Hauptstamm der Arteria hepatica und der Stamm der Arteria cystica, der zum linken Leberlappen geht. Die Leber ist an den Rändern

dunkelbraun mit einem röthlichen Schimmer. Die Lebersubstanz zeigt viele weisse Flecken, theils mit scharfen, theils mit verwaschenen Rändern. In den weissen Flecken sind interlobuläre und centrale Gefässe ununterscheidbar; in den rothbraunen Stellen sind aber die Centralvenen stark injicirt. An der unteren Fläche des linken Leberlappens ist vor der Porta hepatica ein weisser Fleck, der ein Drittheil des Lappens bedeckt und in dessen Parenchym die Vasa interlobularia kaum bemerkbar sind. Diese weisse Masse durchdringt, wie es auf dem Schnitte zu sehen ist, die ganze Dicke des linken Leberlappens. Die anderen Theile der Leber sind theils braun, theils roth gefärbt mit deutlich unterscheidbaren interlobulären Gefässen und stellenweise mit weissen Flecken von Mohnkorn- bis Erbsengrösse. Die Gallenblase ist mit dunkler Galle gefüllt; die Darmcontenta mit Galle gefärbt.

5. Versuch. Ein weisser Hund lebte nach der Unterbindung der Arterie 43 Stunden. Autopsie: Bedeutende Peritonitis, das Exsudat ist mit Blut gefärbt. Die Erscheinungen in der Leber sind dieselben, wie in dem vorhergehenden Falle, nur dass die weissen Flecken nirgends confluiren, sondern im ganzen Leberparenchym zerstreut sind. Die mikroskopische Untersuchung zeigte Anwesenheit von Fett in den Leberzellen. Die Gallenblase ist mit Galle gefüllt; die Darmcontenta mit Galle gefärbt. Unterbunden sind der Hauptstamm der Art. hepatica und der Stamm der von der Theilung der Art. hepatica herrührt, ein Ast, der in den linken Leberlappen und die Art. cystica geht.

6. Versuch. Die Arterie wurde an zwei Stellen unterbunden. Das Thier nahm in den ersten 24 Stunden keine Nahrung zu sich, trank aber Wasser; während der zweiten 24 Stunden frass es. Nach 54 Stunden starb es. Autopsie: Eine heftige allgemeine Peritonitis mit eitrigem Exsudat. In der Submucosa und Subserosa des Magens sind bedeutende Blutextravasate, ebenso an der Oberfläche und im Parenchym der Milz. Im Magen befand sich Schleim von Galle gefärbt, ebenso sind die Contenta der Gedärme gebräunt. Die Leber ist an der obern und untern Fläche bedeutend erweicht und zeigt an einzelnen Stellen Substanzverluste, die ziemlich tief in das Organ eindringen. Die Farbe der Leber ist schmutzig braun, weisse Flecken sind nirgends zu bemerken. Die Gallenblase ist mit Galle, die eine körnige Masse enthält, gefüllt. Die seröse Hülle der Gallenblase ist trübgelb, die Lebersubstanz ist an der Stelle der Gallenblase stark erweicht, so dass die Gallenblase sehr leicht davon zu trennen ist. Unterbunden

sind der Hauptstamm der Art. hepatica und ein dicker Ast, der die Art. cystica gibt und zum linken Leberlappen geht. Die mikroskopische Untersuchung der Lebersubstanz zeigt eine Fettdegeneration der Leberzellen; an den erweichten Stellen sind die Leberzellen theilweise zerfallen und es findet sich dort viel Fett vor.

7. Versuch. Einem kleinen Hunde wurde die Leberarterie unterbunden. Das Thier starb in weniger als 24 Stunden. Autopsie: Peritonitis nicht sehr heftig; die Milz zeigt sehr viele kleine Infarcte und stellenweise blassere Flecken. Die Leber ist blass, stellenweise zeigt sie Blutinfarcte, besonders auf der oberen convexen Fläche und an den scharfen Rändern. Viele Infarcte befanden sich auch in den der Gallenblase benachbarten Theilen. Die Gallenblase trübgelb mit normaler gelbbrauner Galle gefüllt; Darmcontenta mit Galle gefärbt. Die Leber zeigt auf dem Schnitte eine starke Blutüberfüllung der Centralgefässe. Unterbunden sind der Hauptstamm der Art. hepatica und der Stamm, der die Art. cystica gibt.

8. Versuch. Einem kleinen weissen Hunde wurde die Leberarterie unterbunden. Das Thier wurde am 5. Tage getödtet. Autopsie: Die Wunde ist von Granulationen ausgefüllt; in der Bauchhöhle befindet sich ein dickes blutgefärbtes Exsudat in geringer Menge. Die serösen Ueberzüge der Gedärme und des Magens zeigen eine starke Blutüberfüllung der Gefässe. Die Leber hat die normale Farbe und nur an einzelnen Stellen zeigt sie gelbe Flecken, die aber nicht tief ins Parenchym eindringen. Auf der Oberfläche in der Nähe des Ligamentum suspensorium ist der seröse Ueberzug verdickt. Die Wandungen der Gallenblase sind ebenfalls verdickt, die Blase ist mit brauner Galle gefüllt, die Darmcontenta sind mit Galle gefärbt. Die mikroskopische Untersuchung der Leberzellen zeigt nichts Abnormes und nur hie und da sind kleine Fetttropfen zwischen den Zellen zu bemerken. Unterbunden ist der Hauptstamm der Leberarterie an zwei neben einander liegenden Stellen.

Genealogisches über Knorpelelemente.

Von

Dr. W. Henke.

(Hierzu Tafel III.)

Nicht die Irrthümer hemmen am meisten den Fortschritt der Wissenschaft, über die am meisten gestritten wird, sondern die, über welche man stillschweigend einverstanden ist. Wo vieldiscutirte Controversen lange zu keiner Lösung führen, ist das Ende selten, dass eine der streitenden Ansichten siegt, sondern dass endlich ein von keiner Seite bezweifelter, allen zu Grunde liegender Irrthum erkannt wird. Wo es vermuthlich in der Histologie solcher stillschweigend angenommener Irrthümer noch am meisten aufzudecken gibt, hat Henle wiederholt hervorgehoben. Es ist in der vielfach von vornherein angenommenen chronologischen Ordnung benachbarter in einander übergehender Elementarformen. Ein Beispiel dieser Art will ich versuchen in der allgemein angenommenen Altersfolge der Knorpelelemente nachzuweisen, welche die der Diaphyse eines noch in die Länge wachsenden Röhrenknochens angrenzende Schicht der Epiphyse bilden. Dieselbe wird bekanntlich nach der bisher noch nie bezweifelten Beziehung ihrer Entwickelung auf die angrenzenden Theile des Knochens und Knorpels als ossificirende Knorpelschicht bezeichnet. Ich werde zuerst zeigen, dass diese Anschauung des offenbar hier vorliegenden Uebergangsprocesses verschiedener Gebilde ineinander nur den Werth einer unbewiesenen und nicht einmal sehr wahrscheinlichen Hypothese hat, der eine die Altersfolge der Formelemente umkehrende entgegengestellt werden kann, zweitens einige sehr einfache Beobachtungen anführen, welche

zu Gunsten der letzteren sprechen und endlich zeigen, dass sie auch ausserdem plausibler ist.

Die Bilder, um deren Deutung es sich hier handelt, gehören fast ganz zu den längst deutlich beobachteten und im Ganzen übereinstimmend aufgefassten. Es genügt daher zur Verständigung ein einfaches Schema ihrer Reihenfolge. (Vgl. Fig. 1.) Durch den ganzen Epiphysenknorpel liegen, wie später in dem permanenten Reste desselben, im Gelenkknorpel gleichmässig zerstreute zusammengedrückte Blastemreste mit Kernen in den von einander getrennten Lücken der Grundsubstanz. Zunächst am Knochen der Diaphyse dagegen liegt eine der Endfläche desselben ziemlich parallel auch vom übrigen Knorpel der Epiphyse abgegrenzte Schicht, in welcher viel grössere Knorpelzellen, ähnlich denen jugendlicher Knorpel in langen Reihen senkrecht gegen die Endflächen der Schicht geordnet dicht aneinanderliegen, nur von dünnen Streifen hyaliner Substanz zwischen den Reihen umschlossen. An der Grenze dieser Schicht und des gewöhnlichen Knorpels endlich liegen nicht selten Lücken hyaliner Substanz, deren Inhalt nicht vollkommen, aber doch theilweise um zwei Kerne gesondert erscheint. Damit ist ein Uebergang gegeben, dessen allgemein gebräuchliche Deutung die zuletzt genannten halb getrennten zelligen Elemente als in der Theilung begriffen ansieht, durch welche aus einzelnen der kleinen Knorpelzellen in der Epiphyse die Reihen der grossen nächst der Diaphyse successiv entstehen.

Weniger leicht erkennbar ist die Fortsetzung des Bildes in den Knochen hinein, weil es hier durch die Kalkinfiltration verdunkelt wird. Dafür hat die Benutzung der rachitischen Störung des Processes, der hier in Frage kommt und noch mehr die Phantasie nachhelfen müssen, um die Uebergänge herzustellen, in welchen nach früherer Annahme die grossen aus Theilung im Knorpel hervorgegangenen reihenweise geordneten Zellen durch Wandverdickung u. s. w. in die schliesslich doch viel kleineren und anders geordneten Knochenkörperchen umgewandelt werden und so die Diaphyse verlängern sollten. Aber die schönen Untersuchungen von A. Baur*) und H. Müller**) haben an die Stelle dieser stets halbschematischen Darstellungen klarere Anschauungen gesetzt, wonach sich an die letzten grossen Knorpelzellen im Knochen nicht Stücke der

---

*) Die Entwickelung der Bindesubstanz. Tüb. 1858. (Müller's Archiv 1857.)

**) Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie Bd. IX. S. 147.

festen Substanz desselben, sondern Hohlräume anschliessen, in denen kleinere Zellen von unbestimmterer Form, cytoiden Körpern entsprechend, angehäuft liegen. Diese gehen dann erst wieder in Knochenknörperchen über, die zur Seite des Hohlraums angedrückt sich bilden. Der neue Knochen am Ende der Diaphyse liegt also nicht in der Fortsetzung der Elemente des Knorpels, aus denen man annahm, dass er sich bilde, sondern in der der hyalinen Substanz, welche dieselben umschloss. Die Fortsetzung des Raumes, den sie erfüllen, in den Knochen hinein, ist dort eine offene Röhre, und zwar ein Ende eines Haversischen Blutgefässkanälchens. In deren gegen den Knorpel vorgeschobenen blinden Enden liegen also cytoide Elemente, die sowohl in die Knochenkörperchen zur Seite des Gefässes als in die Knorpelzellen vor dem Lumen Uebergänge machen, und Aeby*) hat es auch ausgesprochen, dass von ihnen auch zu den Elementen des in dem Gefässe enthaltenen Blutes directe Uebergänge stattfinden.

Die hieraus gebildeten neuen Vorstellungen haben, wo man sie recht gewürdigt hat, einen Schritt weiter ab von der ältesten, rohesten Annahme der Bildung des Knochens durch Verkalkung des Knorpels zur Entscheidung gebracht, indem sie feststellen, dass die Elemente des neuen Knochens nicht nur nicht unveränderte, sondern überhaupt nicht direct überkommene Knorpelelemente sind. Die Grundvoraussetzung aber, dass diese untergehen müssen, damit jene gebildet werden können, behalten sie bei mit Allem, was stets als vorhergehend gedacht wurde. Im Knorpel, ein Stück vom Knochen entfernt, theilen und vergrössern sich die kleinen Zellen, verzehren um sich her die hyaline Masse, die sie einschliesst, bilden, indem sie sich gegen den Knochen hin hintereinander „richten", die langen Reihen der grossen Zellen. Die gemeinsame Höhle, in welcher eine Gruppe derselben noch liegt, tritt endlich durch Perforation mit einem Gefässkanal des Knochens in Verbindung. Damit ist dann das Zeichen der Auflösung der grossen Zellen in eine junge Brut cytoider Elemente gegeben; und indem diese weiter das Material zur Knochenbildung geben, wird am Ende eine Generation üppig entwickelter Knorpelzellen nach der andern derselben geopfert; und Aeby nimmt dazu als möglich an, dass ein Theil der Brut zu Blutkörperchen wird. Dass Gefässraum und Höhle einer Knorpelzellenreihe in Verbindung treten, ist auch offenbar durch die Bilder von Baur und Müller nachgewiesen.

*) Zeitschr. f. rat. Med. III. Bd. IV.

Nur der eine Nachweis fehlt, dass es auch solche gibt, die dies noch nicht gethan haben. Denn wo auf einem Durchschnitt die Höhle einer Knorpelzellenreihe gegen den Knochen wie gegen den Knorpel hin blind zu endigen scheint, kann dies auch daher kommen, dass ihre Communication mit einem Gefässe aus der Ebene des Schnittes gebogen war, wie solche Biegungen zum Theil auch in den Schnitt fallend in Müller's Abbildungen zu sehen sind. Die Annahme, dass die Communication erst durch Perforation hergestellt sei, folgt also nur aus der allgemeinen Voraussetzung, dass die Knorpelzellenreihen aus Theilung und Vergrösserung der ursprünglich kleinen und einzelnen, in hyaliner Substanz ganz eingeschlossenen Elemente hervorgehen, und also eine aus einem solchen hervorgegangene Generation ursprünglich immer in einer ganz geschlossenen Höhle gelegen haben müsse.

Diese Annahme ist nun aber vor der Hand offenbar nur eine von der früheren Voraussetzung eines directen Ueberganges von Knorpel zu Knochen her überkommene und noch durch nichts direct bewiesene Hypothese. Wäre sie nicht so als alte Voraussetzung überkommen, so würde wohl das Ansehen des ganzen Bildes schwerlich leicht dazu geführt haben. Die Theilung, die man in den Zellen mit angedeuteter Duplicität in Einer Höhle, zwischen den gewöhnlichen und den reihenweise geordneten sehen will, müsste doch erst recht deutlich da sichtbar hervortreten, wo sie sich an bereits mehr gewachsenen mit grösserer Freiheit fortsetzen soll, um die grosse Menge hervorzubringen, die in einer langen Reihe vereinigt ist. Diese erscheint aber immer nur wie schon fertig, indem die einzelnen Glieder derselben sich immer rein von einander sondern. Die einzelnen neben einander liegenden Gruppen aber müssten abwechselnd sehr ungleich gross und klein erscheinen, je nachdem sie der Bildung aus einer ersten Theilung oder der schliesslich zerstörenden Perforation näher oder ferner ständen; sie sind aber immer alle ziemlich gleich lang. Auch ist durchaus kein Grund dafür abzusehen, weshalb gerade der kleine in der Epiphyse zusammengedrängte Rest der ursprünglichen Anlage des ganzen Knochens, der ausserdem oft noch von einem besondern Centrum aus durch Gefäss- und Knochenbildung absorbirt wird und auch an seiner freien Fläche im Gelenk doch immer etwas durch Reibung verliert, ohne dass sein Rest, der Gelenkknorpel, normalerweise jemals aufgezehrt wird, warum, sage ich, gerade dieser auch die Keime der Verlängerung des ganzen Hauptstückes, auf dem er ansitzt, abgeben soll.

Dahingegen steht nun von vornherein gar nichts im Wege, wenn ich versuche, die gerade entgegengesetzte Annahme zu machen: die Körperchen des Knochens stammen weder direct noch indirect von denen des Knorpels ab, sondern beide von den weniger charakterisirten, die das Ende des Gefässes, welches auf die Knorpelzellen stösst, erfüllen und nichts sind als stagnirende Blutkörperchen, die sich mit Blastem umgeben. Ein Theil derselben wird an die Wand gedrückt, wo sich um das Gefäss her das sich ausscheidende Blastem zu Knochenlamellen ausprägt und sie als Knochenkörperchen einschliesst. Ein anderer Theil wird in der Achse des Gefässes mit grösseren Klumpen homogenen Blastems umhüllt und so bilden sich die grossen Knorpelzellen gleichsam als capilläre Thromben, welche sich um ein verändertes Blutkörperchen als Kern zusammenschliessen. Die so gebildeten grossen aufgeblähten Elemente werden dann durch den Blutdruck reihenweise zum Ende des Gefässes hinausgestopft, wie der Inhalt einer Wurst durch einen Trichter. Kommen sie dann aber mehr und mehr in die Epiphyse hinaus und unter den Einfluss des Druckes, welchem diese vom Gelenke her noch ausgesetzt ist, so wird mehr und mehr von der grossen Blastemkugel zu hyaliner Substanz verdichtet und es bleibt zuletzt nur ein kleiner Theil um den Kern her übrig in den nun ganz von einander getrennten Lücken des gewöhnlichen Knorpels. Dabei kann es zuweilen vorkommen, dass zwischen zwei benachbarten Elementen die Brücke von hyaliner Substanz, die sich aus den sich berührenden Schichten ihres Blastems entwickelt, nicht vollständig wird und ihre beiden übrigbleibenden Reste in Einer Knorpelhöhle zusammenkommen. Dies gäbe dann die bisher auf in der Theilung begriffene Zellen gedeuteten Bilder an der Grenze des gewöhnlichen Knorpels und der reihenweise geordneten Schicht. Die Elemente des ersteren stammen von denen der letzteren ab. Diese üppig aufgeblähten Blastemkugeln (Zellen) sind nicht die dem Untergange geweihte Brut jener kümmerlichen Klümpchen, sondern der Nachschub, aus dem neue hyaline Substanz geprägt wird, wovon jene dann übrig bleiben, gerade wie sonst bei der Bildung von neuem Knorpel die Verwandlung geschieht. Damit soll nicht gesagt sein, dass nicht unter Umständen auch einmal (z. B. wenn ein besonderer Knochenkern in der Epiphyse sich bildet, bei der Vereinigung desselben mit der Diaphyse) die neugebildeten grossen Elemente wieder eingeschmolzen werden und der Entwickelung von Knochen Platz und zum Theil Material geben können. Sowenig aber aus dem Unter-

gange von Epithelien in Bindegewebe (bei Obliteration z. B. des processus vaginalis peritonaei) folgt, dass, wie Beneke als möglich andeutet, regelmässig die unteren Schichten des Epithelium die oberen der von ihnen bedeckten Häute bilden, sowenig braucht man darum anzunehmen, dass der Knochen aus seinem Knorpelanhang heraus anwachsen muss, sondern dieser wird, ebenso wie das ganze Leben hindurch sein Rest, der Knorpelüberzug der Gelenkfläche, vielmehr aus der Unterlage herauswachsen.

Ehe ich nun in der bequemen Aufgabe fortfahre, die grössere Wahrscheinlichkeit dieser Annahme gegenüber der bisher nie bezweifelten aus dem Zusammenhange des ganzen Vorganges weiter zu entwickeln, will ich, indem ich sie vorerst nur als gleichberechtigte Hypothese hingestellt habe, zunächst, wie schon gesagt, einige Beobachtungen beibringen, welche mir geeignet scheinen, ihr als Stütze zu dienen. Es handelt sich auch hierbei nicht um neue mikroskopische Bilder, sondern nur um Nebenumstände, wodurch wir gezwungen werden, den längst bekannten eine andere Deutung zu geben, als die bisherigen Beschreibungen gethan haben.

Die grossen reihenweise geordneten Knorpelelemente verändern bekanntlich sehr leicht und bald im Präparat ihr erstes Ansehen. An den frischesten Schnitten erscheinen sie als gleichmässig aufgetriebene den Raum ihres Röhrenabschnittes erfüllende feingranulirte Ballen mit dem rein kreisrunden Kern in der Mitte. (Vgl. Fig. 2. a.) Wenn das Präparat einige Zeit herumgeworfen ist, tritt nach und nach ein anderes Bild an die Stelle und an Schnitten von vorher getrockneten Stücken sieht man von vornherein nur dieses. (Vgl. Fig. 2. b.) Dann ist die dunkle Masse zu einem länglichen Klümpchen um den Kern zusammengetreten und der Raum darum her, welcher von der früher ganz erfüllten Lücke hyaliner Substanz umschlossen ist, erscheint dann eben so hell durchscheinend wie diese und nur durch eine feine Linie von ihr getrennt. Diese Veränderung des Bildes wird in den bisherigen Beschreibungen bezeichnet als Collabiren der Knorpelzelle in ihrer Höhle. Es wird also angenommen, dass diese dann übrigens leer, d. h. vom Wasser des Präparats erfüllt wird. Diese Deutung ist falsch. Die feine Contour der ursprünglichen Höhle in der hyalinen Substanz ist nicht Grenze eines bis auf die dunkle Masse, in der Mitte um den Kern, leeren Raumes, sondern umschliesst einen festen, aber ganz hell durchscheinenden Körper, der die ursprünglich von der gramulirten Blastemkugel erfüllte Höhle der hyalinen Substanz vollkommen erfüllt

und sich von dieser selbst, soviel man sehen kann, in nichts unterscheidet. In einem centralen Loche dieses nun hellen Körpers sind die trüben Reste der Zelle zusammengetreten.

Dies geht aus folgenden sehr leicht anzustellenden Beobachtungen hervor. Zuerst spricht dafür ein drittes von jenen beiden noch verschiedenes Bild, das man von den grossen Elementen an dünnen Rändern feiner Schnittchen sieht. (Vgl. Fig. 2. c.) Hier erkennt man ebenfalls noch die feinere Contour um den ursprünglich von der Blastemkugel erfüllten Raum, der hell geworden ist, und in der Mitte desselben eine ganz ähnliche, die den kleinen Raum umschliesst, welche der trübe Rest des Blastems einzunehmen pflegt. Dieser selbst ist aber nicht mehr zu sehen, sondern auch an seiner Stelle ist es hell. Hier ist also das Trübe, was man als collabirte Zelle angesprochen hat, offenbar herausgefallen, und da man den Umriss des Raumes, in dem es lag, noch sieht, so ist er nicht Theil eines grossen Loches, sondern ein kleines Loch in einem festen Körper. Die hyaline Kugel ist central durchgeschnitten. An andern sieht man auch von der centralen Lücke nichts mehr. Dann ist sie eben ganz mit weggeschnitten. Zuweilen sieht man freilich auch am Rande solche Lücken der ursprünglichen hyalinen Umgrenzung der Zellen sich frei in das Wasser öffnen. Dann muss man annehmen, dass die erst nachträglich verdichtete hyaline Kugel herausgefallen ist, und ich habe auch solche Segmente hyaliner Kugeln in der Umgebung solcher Stücke schwimmen sehen. Sie hatten zum Theil noch Spuren der Knochenkanalränder an sich hängen. (Vgl. Fig. 2. d.)

Demnächst habe ich mich durch directen Angriff auf die hell gewordenen grossen Gruppen von Knorpelelementen von ihrer Festigkeit überzeugen können. Wo an den Rändern dünner Schnitte eine grosse Gruppe derselben frei lag, habe ich unter dem Dissector mit einer Nadel darin herumgestochen. Sie liessen sich schwer auseinander sprengen und nicht zerquetschen. Die hellen Kugeln leisteten deutlich sehr spröden elastischen Widerstand, gerade wie andere Stücke hyaliner Grundsubstanz, wenn man sie presst.

Endlich aber ist es mir auch gelungen, die aus Verwandlung ganzer, auf dem freien Ende von Gefässkanälchen des Knochens aufsitzender Zellenreihen hervorgegangenen langen Stücke fester Substanz rein zu isoliren. Von der Phalanx eines jungen Kalbes, die einige Zeit in sehr verdünnter Salzsäure gelegen hatte, konnte ich die Epiphyse so abreissen, dass sich die Schicht der reihenweise geordneten Zellen zum

Theil rein vom Knochen trennte. (Vgl. Fig. 3.). Die letzten Enden der noch nicht vollkommen entkalkten Ränder von Gefässkanalwänden des Knochens steckten zum Theil noch zwischen den in sie hineinreichenden dicken Enden der langen Zellenreihen, zum Theil waren dieselben aber vollkommen frei aus dem Kanal fester Masse von Knorpel und Knochen, die sie continuirlich anschliessend umfasst, herausgehoben. Sie stellten sich nun dar als lange fein contourirte Streifen einer hellen Substanz, in welcher die um die Kerne zusammengedrängten trüben Theile der ursprünglichen Zellen scharf hervortraten, die Grenzen aber der den einzelnen Zellen entsprechenden, aus ihnen gewordenen Abschnitte nicht zu erkennen waren. Dieselben waren also bei dem Uebergange aus dem granulirten in den hyalinen Zustand nicht mit der früher dagewesenen Grundsubstanz, aber unter einander verschmolzen. Das Bild eines solchen umgewandelten Streifens grosser Elemente war von dem eines beliebigen Stückes von dem gewöhnlichen hyalinen Knorpel, wenn er nicht weit davon in der Epiphyse lag, nur durch die regelmässige Anordnung der dunkele Blastemreste einschliessenden Löcher verschieden, und diese sahen übrigens auch ganz wie gewöhnliche Knorpelkörperchen aus.

Aus diesen Beobachtungen schliesse ich mit vollkommener Bestimmtheit, dass die Veränderung der reihenweise auf den Enden der Gefässkanäle aufsitzenden Knorpelelemente, welche sich durch Scheidung einer centralen dunkelen Partie von dem hellen Grunde des übrigbleibenden Umfanges zu erkennen gibt, nicht als das Zusammenfallen eines glatt gewesenen Bläschens, sondern als Festwerden einer Blastemkugel unter Verdrängung ihrer trüben Elemente auf eine kleine Stelle um ihren ursprünglichen Kern aufzufassen ist; und mit grosser Wahrscheinlichkeit glaube ich weiter annehmen zu können, dass die so entstandene feste Masse sich ganz gleich der hyalinen Grundsubstanz verhält und der Rest des Blastems mit dem Kern in ihrem centralen Loche ganz gleich den von einander isolirten Körperchen des gewöhnlichen Knorpels. Es ist dann also hier nach dem Tode noch am Präparate eine Veränderung vor sich gegangen, wodurch die grossen üppig aufgetriebenen Elemente, die in der Röhre von Grundsubstanz die Grenzschicht des Knochens der Diaphyse und des Knorpels der Epiphyse durchsetzend gegen diesen anstehen und ihn von dem Blute der Knochengefässe trennen, ihm vollkommen gleich werden.

Es fragt sich nun, nach welcher der beiden oben einander

entgegengestellten Auffassungen des ganzen hier vorliegenden Entwickelungsganges sich diese nachträgliche Veränderung leichter verstehen lässt. Nehmen wir in alter Weise an, dass die gewöhnlichen kleinen verkümmerten Zellen in dem hyalinen Knorpel der Epiphyse von innen herausquellen, sich theilen und mehr und mehr vergrössern und vermehren, wobei sie die vorher fest um sie zusammenschliessende Grundsubstanz verflüssigen und so oder so verzehren oder wegbringen, so müssten wir nun weiter uns denken, dass fast das ganze Resultat dieses Vorganges jetzt nach dem Tode gleichsam mit einem Zauberschlage plötzlich wieder ungeschehen geworden sei, indem zwar von jedem der neugebildeten Elemente ein Rest übrig bliebe, ein Rest aber, eben so kümmerlich und eingeengt, wie der, von dem sie abstammten, vor seiner Entfaltung war, insbesondere aber die durch den Process des Wachsens der Zellen aufgezehrte oder weggewaschene Grundsubstanz plötzlich unversehrt wieder da wäre.

Wenn dagegen, wie ich annehme, an diesen Elementen im Leben nichts weiter zu geschehen im Begriffe war, als dass die auf dem Uebergange von dem flüssigen Zustande des Bildungsmaterials im Blute zum festen des fertigen Knorpels befindlichen Blastemballen beginnen sich unter dem Einflusse des Druckes vom Gelenke her von ihrer Peripherie zum Centrum, wo ein Theil vielleicht durch einen chemischen Einfluss des lebendigen Kernes sich länger unverändert hält, mehr und mehr zu Grundsubstanz zu verdichten, so ist auch hier nach dem Tode nichts anderes geschehen. Es ist nur der Rest dessen, was von je einer Zelle hyalin werden konnte, dieser Verdichtung nachträglich noch unterlegen. Es ist ein von sehr wenigen complicirt vitalen Erscheinungen begleiteter und vermuthlich auch abhängiger Umformungsprocess an den noch nicht zersetzten Theilen noch etwas fortgesetzt. Und zwar lassen sich sehr wohl ähnliche Bedingungen dafür als wirksam annehmen, der Chemismus des schon zum Uebergange in leimgebende Substanz vorbereiteten Blastems und als äusserer Anstoss die Einwirkung von Druck auf Theile des Präparats beim Herumwerfen und auf die ganze Schicht der grossen Zellen, wenn es getrocknet war.

Nach dieser möglichst objectiv von nächstliegenden Beobachtungen hergenommenen Begründung meiner Umkehrung der chronologischen Ordnung, in welcher die Uebergänge der benachbarten Gebilde aufzufassen sind, mag es erlaubt sein, auch auf den Zusammenhang des ganzen physiologischen Vorganges, in den diese Umbildungen der Elementarformen gehören, noch

einen Blick zu werfen und zu zeigen, wie viel plausibeler sich auch hier meine Annahme einreiht. Es kann sich dabei zuerst darum handeln, wie die Reihenfolge der Umformung am einfachsten den Nachschub des Bildungsmaterials und der Formanlagen der Elementartheile erklärt; sodann aber auch versucht werden, ob in das Spiel der dabei an ihnen wirksamen Kräfte eine annähernde, das Gesammtbild eines mechanischen Vorganges beim Aufbau des Körpers mit seiner mikroskopischen Durchdringung verbindende Einsicht zu gewinnen ist.

Das rohe Material zur Bildung neuer Theile beim Wachsthum stammt ohne Zweifel aus dem Blut, wenn kein Eivorrath den Organismus mehr einschliesst. Blutgefässe sind im Knorpel nicht und in anderen mit der Epiphyse in Berührung stehenden Theilen auch kaum viele, ausser im Knochen der Diaphyse in Menge. Von da muss also doch wesentlich der Rohstoff kommen, wenn die Zellen des Knorpels ihre „prolifere Schwellung“ beginnen sollen. Er muss also durch die hyaline Hülle der noch eingeschlossenen Elemente in diese eindringen, in ihr dann jene zerfressen, eine neue Gestalt annehmen, um weiter als cellular legitimirter Gewebsbestandtheil in der neuen Brut charakterloser cytoider Körper zum Knochen wieder zurückkehren und zur Bildung desselben verwendet werden zu können. Es ist derselbe nichts weniger als einfache Vorgang wie bei der beliebten Bildung der Intercellularsubstanz durch die Zellen, wo ihn Henle treffend als Quarantaine der Stoffe persiflirt hat, die erst aus der Intercellularsubstanz in die Zelle gelangen müssen, um von dieser zu jener erst gültig gestempelt zu werden. Hier kommt nur noch der ungünstige Umstand dazu, dass der Nahrungsstoff von den Gebieten, wo er von jungen sich entwickelnden zelligen Elementen am unmittelbarsten in Anspruch genommen werden kann, erst durch die grossen schon mehr eingepressten Blastemkugelreihen in die zusammengepresstesten Knorpelschichten hinaus sich durcharbeiten muss, um sich in diesen zu jenen auszugestalten. Wie viel einfacher kann man sich alles denken, wenn man annimmt, dass die neuen Elemente da anschiessen, wo das Material für ihre Bildung ist, und, indem sie von da aus weiter und weiter verdrängt werden, nur noch Metamorphosen erleiden, zu denen keine neue Zufuhr von Stoff nöthig ist.

Ganz ähnlich stellt sich die Wahrscheinlichkeit und ungezwungene Einfachheit für beide Auffassungen in Betreff der Art, wie sich in beiden der Nachschub von Ansatzpunkten zu Formelementen darstellt. Eine kleine Gruppe von ursprünglich in dem Endstücke der Knorpelanlage eines ganzen Röhrenknochens

vereinigten, gegen den embryonalen Zustand bereits sehr verkümmerten zelligen Körperchen muss durch beständig fortgesetzte Theilungen eine Generation Abkömmlinge nach der andern liefern, um daraus fast den ganzen Knochen entstehen zu lassen. Dies geschieht, wie Virchow versichert, „sehr schnell“ und daher kommt es wohl auch, dass man so gut wie nichts davon sieht. Mag es aber auch noch so schnell gehen, so muss doch die Epiphyse immer etwas verlieren. Denn in ihrem Innern sollen doch keine Theilungen angenommen werden und von der freien Fläche vom Gelenke her können doch auch keine neuen Elemente kommen; vielmehr müssen auch da, wenn der Knorpel nicht allein unter allen festen Körpern in der Welt von dem gemeinen Loose zerrieben zu werden eximirt ist, mit der Grundsubstanz immer auch einzelne Lücken derselben und ihr Inhalt angeschliffen und in der Synovia weggespült werden. Trotz alledem nimmt doch auch die Epiphyse noch immer zu. Wo soll also die letzte Quelle der immer neu erscheinenden kleinen Organe sein? Wir können auf keine unerschöpflichere zurückgehen als die, von welcher wir wissen, wenn auch nicht wie sie, doch jedenfalls dass sie in kurzer Zeit ungeheure Verluste derselben ersetzen kann, das Blut. Wenn sich aus den Oeffnungen der Kanäle, in denen es im Knochen strömt, beständig neue geformte Theilchen zugleich mit dem formlosen Material der zwischen ihnen homogenen Blasteme vorschieben, so wird es begreiflich, wie der Knochen wachsen kann und der Knorpel auch und wie letzterer, wenn das Wachsthum des ersteren zu Ende ist, für diesen eine sich normaler Weise nie abnutzende Decke bilden kann, indem immer noch Gruppen von Blastemkugeln hervorgedrängt, und je näher sie der Oberfläche kommen, mehr verdichtet, zu hyaliner Substanz mit kleinen Zellenresten geprägt und endlich abgenutzt werden.

Soll nun auch noch der Versuch gewagt werden, auf die Wirkung der Kräfte, welche diese Vorgänge bedingen, von der Auffassung des Verlaufes derselben eine erklärende Anwendung zu machen, so hört hier freilich die Entgegenstellung der etwa nachzuweisenden Vorzüge der neuen Annahme gegenüber der alten ganz auf. Denn es ist bisher noch nicht im Mindesten daran gedacht worden, bei Beurtheilung solcher Vorgänge aus der unbestimmten Wirkungsresultante der „typischen Kräfte“ einzelne auch nur annähernd physikalisch begreifliche Factoren auszusondern und die Bedingungen ihres Eingreifens nachzuweisen. Es sind aber doch offenbar solche relativ einfache Lebensacte, wie das Wachsthum eines Theiles,

der nur den einfachsten mechanischen Leistungen dient und entsprechend wenig Einflüssen unterliegt, die geeignetsten, um auch damit einmal den Anfang zu machen. So sind denn auch die mechanischen Bedingungen der Entwickelung des Knochens beim Längenwachsthum der Diaphysen ziemlich einfach zu bestimmen und der Versuch einer Erklärung, wie der histogenetische Vorgang ihnen entspricht, zulässig.

Alle Erfahrungen über normale und gestörte Entwickelung des Skelets stimmen darin überein, dass die Entwickelung des Knochengewebes durch von aussen auf die Stelle, wo es sich bildet, einwirkenden Druck gehemmt und gestört wird. Ueberall weicht die Zunahme der Knochen dem Druck benachbarter Theile aus. Nur das Längenwachsthum der Röhrenknochen geht ungestört gerade in der Richtung vorwärts, in welcher ihm ein bedeutender Druck entgegenwirkt. Denn durch den gemeinsamen Zug aller Muskeln werden die einzelnen Abschnitte der Glieder der Länge nach gegen einander angedrückt und dieser Druck pflanzt sich von den Gelenken aus durch die Knorpel fort. So lange er ihn noch ganz durchdringt, muss derselbe homogen bleiben. Wird er von dem elastischen Widerstand der Enden unwirksam gemacht, so können sich Knochenkerne im Centrum ansetzen. Gegen das Ende der Diaphyse aber, wenn es bis nahe an das Gelenk vorgewachsen ist, wird die Epiphyse beständig im Ganzen und bei den Bewegungen des Gelenks stellenweise abwechselnd immer noch angepresst, auch wenn in ihrem Centrum eine besondere druckfreie Stelle entsteht, wo sich ein besonderer Knochenkern entwickeln kann. Diesem Andrängen der Epiphyse gegen die Diaphyse muss eine Gegenwirkung gegeben sein, wenn die letztere soll neue Substanz ansetzen können. Mit Recht hat deshalb Aeby bereits angedeutet, es müsse eben darin die Leistung des Knorpels bei der Vorbereitung und Einleitung der Knochenbildung bestehen, dass er den hemmenden Einfluss des Druckes von ihr abhält. Dies scheint mir nun gerade hier am Ende der Diaphyse ziemlich klar verständlich zu werden, wenn man den Vorgang so auffasst, wie ich es thue.

Wenn wir uns denken, dass in den Gefässenden am Ende der Diaphyse das Blut stockt und hier theils an den Seitenwänden zu Knochensubstanzlamellen mit Körperchen, theils in der Achse zu grossen primitiven Knorpelelementen verdichtet wird, so werden diese durch den Blutdruck beständig weiter zu dem Gefässende, das sie verschliessen, hinausgedrängt. Der Druck überträgt sich auf die Reihe der schon mehr fest gewordenen Elemente und erhält so eine einfache senkrecht

gegen die Endfläche der Epiphyse gerichtete Wirkung. Indem so alle Reihen der sich bildenden Knorpelemente gegen die Epiphyse angestemmt werden, ruht diese auf ihnen wie auf einem Walde von Säulen über der Diaphyse. Der Druck, der sie vom Gelenke her trifft, wird vom Blutdrucke getragen. Die auf einander liegenden Abschnitte der Säulen werden dadurch gepresst und so ihre weiche Substanz mehr und mehr zu hyaliner verdichtet. In den Räumen zwischen den Säulen aber bleiben die freien Ränder der Knochenwände um die Gefässkanäle vom Druck frei und können wachsen. Natürlich gilt diese Befreiung vom Drucke nicht gleichmässig für die ganze Höhe des Raumes zwischen den Zellenreihen. Denn bei der mehr oder weniger festweichen Consistenz dieser, wie der Blasteme zwischen ihnen, ist weder eine hydrostatisch gleichmässige Spannung der Theile, noch ein vollkommen unbiegsames Gegeneinanderstemmen derselben denkbar; sondern zunächst der Epiphyse wirkt der Druck auch noch zwischen die Enden der langen Reihen der Zellen, die entgegengedrängt werden, hinein, am andern Ende, wo sie in den Knochen der Diaphyse hineinreichen, kommt noch der Seitendruck der Gefässe mit in Betracht. Dort wird die homogene Knorpelsubstanz geprägt, hier Knochenlamellen. Dazwischen aber liegt ein Gebiet, neben den am freiesten sichtbaren gross aufgeblähten Zellen oder Blastemkugeln, wo sich, wie im Gefässe die noch uncharakterisirten cytoiden Körper sich anhäufen, so eine Strecke vorwärts davon ein ebenso noch uncharakterisirtes Blastem zur Bildung von Grundsubstanz abscheidet. Hier werden auch die Kalksalze in dasselbe niedergeschlagen und, wenn nun die ganze Masse in der davon umgebenen Röhre durch den Blutdruck vorgeschoben wird, das blut- und brutzellenhaltige Gefäss sich dahin erstreckt, wo vorher die grossen Zellen lagen, so wird hier das ausgeschiedene Blastem mit dem Kalk in Knochen verarbeitet. Man sieht, es ist auch hier noch nicht Alles vollkommen zu erklären; namentlich der Chemismus bleibt dunkel. Für die mechanische Seite des Vorgangs aber ist doch die Möglichkeit, sie zu verstehen, eröffnet und nicht sehr künstlich zusammengestückelt und mit ihr müssen doch offenbar in allen solchen Fällen auch die chemischen Verwandlungen der Substanz in einem constanten Zusammenhange stehen.

Für einen Umstand in der Formfolge kann ferner noch ein Erklärungsversuch verlangt und zum Theil auch schon gegeben werden. Dass die Grenze des Gebietes der reihenweise geordneten Zellen gegen den Knochen der Diaphyse

immer eine ziemlich gleichmässig vorrückende bleibt, ist leicht verständlich, da hier der Gegensatz der von Rändern fester Knochenwände bereits umfassten Gefässenden gegen die im lockersten Blastem sich aufblähenden Knorpelelemente die nothwendige Unterstützung des Vorschreitens der ersteren auch für die nebenliegenden mit abgibt. Weniger nothwendig scheint es auf den ersten Blick, dass auch die Abgrenzung des gewöhnlichen Epiphysenknorpels gegen die reihenweise geordnete Schicht sich immer ziemlich gleichmässig jener parallel erhält, dass in letzterer die Elemente sich immer noch gerade übereinander erhalten, in ihrer vollendeten Isolirung dann aber unregelmässig durcheinander geworfen werden. Hierbei spielt jedenfalls ein eigenthümlicher Gewebsstreifen eine Rolle, den ich hier nur vorläufig beschreiben will. Von der dem Knochen der Diaphyse zunächst aufliegenden Periostschicht, unter der er in die Dicke neue Substanz ansetzt, erhebt sich über den Rand der Endfläche ein verdickter Saum von fester Structur, Sehnen oder Faserknorpeln ähnlich, den Rand entlang streifig gespalten, aber doch ziemlich straff zusammenhaltend. Dieser ist also ein starkes fibröses Band, durch welches der aus dem Knochen heraus ihm voran gedrängte Knorpel fest umfasst ist, und seiner Höhe entspricht die der noch erkennbaren Anordnung von Zellenreihen. So weit sie durch diesen Ring durchgeschoben werden, bleiben sie gerade über einander in ein Bündel von Röhren zusammengefasst. Der Druck vom Gelenke wirkt nur gerade darauf, aber verdrängt sie nicht. Kommen sie aber aus dieser eingeschnürten Zone heraus, so werden sie mit dem Wechsel der Stellungen des Gelenks abwechselnd nach verschiedenen Seiten hin durcheinander gepresst. In der ganzen Linie, in der sich die Reihen der Knorpelzellen und der besagte Ring berühren, bemerkt man keine Uebergangsformen der Elemente beider. Sie liegen glatt durch eine helle Grenze geschieden an einander. Es sieht aus, als wenn die Züge der Zellen an der Wand jener Faserlage vorbeiströmten. Sie ist im Grossen der Trichter, durch den die Epiphyse aus dem Knochen hinausgestopft wird.

Nur vorläufig andeuten will ich schliesslich auch noch, dass diese Erklärungsversuche der vorliegenden Entwickelungsreihe ein Glied einer zusammenhängenden Hypothese über die Bedingungen der Blastemdifferenzirung in allen Geweben der Bindesubstanz sind, die ich in der Folge durch verschiedene Zusammenstellungen physiologischer und pathologischer Beobachtungen zu begründen denke. Wenn es klar ist, dass alle diese Texturen aus ursprünglich ganz gleichartiger Anlage,

gleicher homogener Grundsubstanz mit gleichen Kernen darin entstehen, so ist daraus, wie mir scheint, unmittelbar logisch zu folgern, dass der Grund, weshalb sie nachher so verschieden gebildet werden, nicht in den Elementen der ersten Anlage selbst liegen kann, sondern dass sie von äusseren Bedingungen in verschiedene Formungen gebracht wird. Es liegt nun nahe, bei der rein mechanischen Leistung aller hierher gehörigen Gewebe auch an die mechanischen Bedingungen als die Entwickelung derselben bestimmend in erster Linie zu denken. So stelle ich mir nun vor, dass das ursprüngliche Blastem durch Spannung zu Bindegewebsfasern ausgezogen, durch Druck zu Knorpelgrundsubstanz zusammengepresst, durch hydrostatische Ausbreitung (Druck auf die Fläche, Spannung nach der Fläche) zu Knochen- uud Hornhautlamellen geprägt wird, und durch gemischtere Verbindungen von Spannung und Druck (Torsion) zu den Zwischenstufen von Bindegewebe und Knorpel, Faserknorpel. Es sind dies vor der Hand nur sehr skizzirte Anfänge einer mechanischen Auffassung der Processe des Lebens im Kleinen, die mechanischer Art sind, aber auch als solche doch schon viel mehr geeignet zur Stellung wissenschaftlicher Fragen und exacter Beantwortung derselben hinzuleiten, als die vagen Redensarten, mit denen man sich bisher begnügt, solche Fragen von vorn herein abzuschneiden, wie wenn Aeby den Process der reihenweisen Anordnung der sich theilenden Knorpelzellen auf eine „Tendenz zur Reihenbildung" zurückführt, oder Virchow jeden dunkeln Vorgang dieser Art auf eine „active Leistung", einen „ganz positiven Act der Gewebe" oder „das zwingende Moment in den einmal gegebenen Formelementen". Nach dieser Entgegenstellung brauche ich nicht mehr weiter auszuführen, wohin die Spitze meiner ganzen Auseinandersetzung zielt und treffen muss, wenn sie nicht durch schlagende Gegengründe zurückgewiesen werden kann. Wenn es mir gelungen ist, auch nur die zuversichtliche Sicherheit der bisherigen Ansicht von der „Ossification des Knorpels" zu erschüttern, so ist ein Lieblingsbeispiel für alle mysteriösen Wirkungen der Zellen mit den Duodezausgaben der Lebenskraft in ihnen, für ihre selbstständige formative Entfaltung und die schon fast allgemein als Gesetz proclamirte Vermehrung durch Theilung unbrauchbar gemacht und die Möglichkeit an die Stelle gesetzt, gerade hier ein Beispiel davon zu sehen, dass die Zelle im animalen Leben nicht das „eigentliche Active", sondern vielmehr das stets Passive ist.

Die Wirkung des amerikanischen Pfeilgiftes und der künstlichen Respiration bei Strychnin-Vergiftung.

Von

Dr. **R. Richter** in Göttingen.

(Hierzu Tafel IV.)

Der wenigstens sehr zweifelhafte Werth aller bis jetzt gegen Strychnin-Intoxication angewandten und gerühmten Antidote schien mir Grund genug, die Wirkung eines neuen in jüngster Zeit vorgeschlagenen Gegenmittels — des amerikanischen Pfeilgiftes — in einer Reihe von Versuchen an Thieren, die mit Strychnin vergiftet wurden, näher zu prüfen; die Resultate dieser Untersuchungen, zum Theil schon in den Gött. gel. Anzeigen veröffentlicht, werden es rechtfertigen, wenn ich die Versuche ausführlicher mittheile.

Die Priorität, das amerikanische Pfeilgift zuerst gegen Strychnin-Vergiftung empfohlen zu haben, gebührt meines Wissens Thibeaud*), der diese Empfehlung aber weder durch Versuche an Thieren begründet, noch sie überhaupt solchen entlehnt zu haben scheint. Nach ihm hat Harley**) das Curare als Antidot gegen Strychnin vorgeschlagen. Dieser stützt sich dabei auf folgende, wie es scheint, nur an Einem Versuche gemachte Beobachtung. Bei seinem Experimentiren über die Wirkung des Strychnins vergiftete er einen Frosch mit $^{1}/_{40}$ Gran Strychnin; als bei dem Thiere Krämpfe aufgetreten, brachte er demselben $^{1}/_{500}$ Gran Pfeilgift bei. Die

---

*) L'Union médicale 1856. Canstatt's Jahresber. 1857.

**) Meissner, Ber. über d. Fortschr. d. Phys. 1856. — Das Original war mir nicht zugänglich (Harley, on the physiological action of strychnia. The lancet 1856.).

Krämpfe liessen bald nach, der Frosch wurde lahm und — befand sich am folgenden Tage wohl. Vella*) in Turin hat zuerst an Säugethieren diese antidotische Wirkung des amerikanischen Pfeilgiftes näher untersucht. Derselbe zieht aus seinen Versuchen, auf die ich später ausführlicher zurückkomme, folgenden Schluss. Das Curare und Strychnin hätten auf das Nervensystem eine antagonistische Wirkung; die nöthigen Vorsichtsmassregeln beobachtend, könne er bei Thieren die Wirkung des einen Giftes durch die des anderen vollkommen neutralisiren. Diese Wirkung des Pfeilgiftes hat ihn dann veranlasst, dasselbe auch gegen Tetanus traumaticus**) zu versuchen, was früher bereits mehrfach vorgeschlagen und versucht wurde. Die Patienten, bei denen er es anwandte, waren drei Verwundete aus dem österreichisch-piemontesischen Kriege; zwei derselben starben, einer und zwar, wie Vella behauptet, in Folge des bei ihm angewandten Pfeilgiftes, genas. Nach ihm will auch Chassaignac***) einen Tetanus-Patienten durch dieses Mittel gerettet haben, während Gintrac†), Sayre††) und Manec†††) in den Fällen, in denen sie Curare anwandten, durchaus keine, geschweige eine günstige Wirkung auf den Verlauf des Tetanus beobachteten.

Bei der Frage über die Wirksamkeit des Curare gegen Strychnin-Vergiftung habe ich noch Pelikan*†) zu nennen, der durch eine lange Reihe von Versuchen zu der Ueberzeugung gelangte, dass das Pfeilgift durchaus nicht im Stande sei, die tödtlichen Wirkungen des Strychnins aufzuheben.

Bevor ich auf meine Versuche über die Wirkung des Pfeilgiftes gegen Strychnin-Vergiftung und eine diesen sich anschliessende kurze Erörterung der Frage über die Bedeutung des Curare gegen den sogenannten Tetanus idiopathicus übergehe, werde ich zuvor, nach einigen vorausgeschickten allgemeinen Bemerkungen zu meinen Versuchen überhaupt, in kurzen Zügen ebenfalls nach eigenen Beobachtungen ein Bild über die Wirkung des Curare und des Strychnins für sich zu entwerfen suchen.

Meine Versuche fallen in die Zeit von Mitte Januar bis Mitte Juni und ich habe dieselben im hiesigen physiologischen

---

*) Compt. rend. 1860. II. p. 353.
**) Compt. rend. 1859. II. p. 330. 331. 332.
***) Compt. rend. 1859. II. p. 504 u. 505.
†) A. a. O. p. 817.
††) New-York Journ. of med. 1858. März.
†††) Compt. rend. 1859. II. p. 393 u. 405.
*†) Beitr. z. ger. Med., Toxik. u. Pharmakod. Würzb. 1858. S. 163.

Institute unter der Leitung des Herrn Professor Meissner ausgeführt. Ich benutze diese Gelegenheit, demselben meinen verbindlichsten Dank auszusprechen. — Als Versuchsthiere dienten Frösche, Kaninchen, Katzen, Hunde. Die Versuche an Fröschen (Rana. tempor.) geschahen fast ausschliesslich in der ersten Zeit meines Experimentirens. Diese Thiere befanden sich während der Dauer des Versuchs auf angefeuchteten Wachstellern; um sie vor Austrocknen zu schützen, wurden über die Teller Glasglocken gestellt, doch so, dass Luftwechsel unter denselben stattfinden konnte. In der letzten Zeit habe ich, zumal viele Versuche, wie die, bei denen künstliche Respirationen unterhalten werden mussten, an Fröschen ganz unausführbar waren, fast nur die genannten Säugethiere, vorzüglich Hunde, für meine Untersuchungen gebraucht. Die Vergiftung geschah entweder von einer Hautwunde aus oder es wurde das Gift durch Injection in eine Vene direct ins Blut gebracht. In der Regel wurden beide Gifte — Strychnin als essigsaures Salz — in wässeriger Lösung angewandt; nur bei einigen Fröschen, an denen ich bei grosser Dosis Curare die Herzthätigkeit prüfte, wurde dieses Gift in Substanz applicirt. Geschah die Anwendung des Giftes in Lösung, so wurde beim Frosch gleich nach der Vergiftung die betreffende Wunde gut verschlossen, um möglichst sicher zu verhüten, dass nichts von der angewandten Quantität verschüttet wurde. Bei den Säugethieren, die ausserdem in der Regel wenigstens bis zur Aufsaugung der Lösung festgebunden waren, schien diese Vorsichtsmassregel schon deshalb überflüssig, weil die Flüssigkeit von der viel grösseren Wunde leicht aufgenommen wurde und diese nöthigen Falls leicht bis zur vollständigen Resorption des Giftes hätte einfach zugehalten werden können.

Die Beschreibungen der einzelnen Versuche werde ich nach dem oben angegebenen Gang der Darstellung anordnen. Hierdurch verfalle ich allerdings in den Fehler, die Reihenfolge, in der die Versuche angestellt wurden, sehr oft ganz und gar zu vernachlässigen, so dass ich mehrere verhältnissmässig späte Versuche fast gleich zu Anfang nennen werde und einige Male sogar ein Thier zu Grunde gehen und viel später dasselbe sich noch von einem oder mehreren Versuchen erholen lasse; allein ich glaube der Förderung des logischen Zusammenhangs, die ich durch jene Anordnung erziele, ohne Bedenken den zeitlichen opfern zu dürfen. Weshalb die Versuche nicht etwa gleich von vorn herein in der Ordnung, in der ich sie hier

anführen werde, angestellt worden sind, wird aus der ferneren Darstellung ohne Weiteres hervorgehen.

Nach dem schon früher durch Fontana, Emmert, dann durch Humboldt, Bonpland und Andere genaue Untersuchungen über das Curare gemacht, ist dasselbe wegen der grossen Bedeutung, die es für die Nervenphysiologie zu haben schien, in der neuesten Zeit von Seiten mehrerer Physiologen in seiner Wirkungsweise so gründlich und ausführlich studirt, dass es trotz seines immer noch dunkelen Ursprungs der Wirkung nach zu den bekanntesten Giften gehört. Vorzüglich sind es Bernard, Pelouze, Kölliker, Vulpian, Funke, Kühne, v. Bezold, die sich näher mit dem amerikanischen Pfeilgift beschäftigt haben. Wenn ich trotz der genauen Untersuchungen jener Autoren noch Versuche mit dem Curare allein angestellt, so geschah dies nur in der Absicht, die Wirkung dieses Giftes für sich, d. h. auf den gesunden Organismus wenigstens einigermassen durch eigene Anschauung kennen zu lernen, bevor ich seinen Einfluss auf die Wirkung eines anderen Giftes beim Thier näher untersuchte.

Das von mir benutzte Pfeilgift, welches ich der Güte des Herrn Professor Meissner verdanke, stimmt dem Ansehen und der Wirkung nach vollkommen mit den von Bernard, Kölliker und Kühne angewandten Giften überein. Es ist eine braunschwarze, etwas glänzende Masse von harzähnlichem Bruch. Es ist in kaltem, leichter noch in warmem Wasser bis auf einen unbedeutenden Rückstand löslich. Die Lösung, gelblich bis braun je nach dem Concentrations-Grade, besitzt einen intensiv bitteren Geschmack. Was die Wirksamkeit betrifft, so kann ich es dem Pfeilgift aller anderen Experimentoren, selbst dem von Kühne*), zur Seite stellen; 0,00002 Grm. einer titrirten wässerigen Lösung — ein Massstab, den Kühne für die Wirksamkeit seines Giftes angibt — sind vollkommen im Stande, einen Frosch zu lähmen. Auf die von jenen Physiologen angegebenen chemischen Eigenschaften des Pfeilgiftes habe ich das von mir benutzte nicht untersucht; dagegen kann ich die hinzufügen, dass es in wässeriger Lösung durch einen darüber geleiteten ozonisirten Luftstrom sehr bald zerstört wird. Das Ozon wird anfangs von der Lösung ganz absorbirt, allmälig wird die Absorption schwächer und zuletzt scheint alles Ozon frei durchzugehen. Die Lösung ist während dessen nach und nach immer mehr hellgelblich bis nahezu farblos geworden und hat ihre giftige Wirkung durchaus verloren.

---

*) Archiv für Anatomie und Physiologie 1860.

Was nun die Wirkung des Curare auf den thierischen Organismus betrifft, so gibt uns dieselbe kurz folgendes Bild.

Bald nach der Vergiftung zeigt sich eine in den hinteren Extremitäten beginnende rasch fortschreitende Lähmung der willkürlichen Bewegungen; noch ehe sich diese über den ganzen Organismus verbreitet, ist auch schon die Respiration gelähmt. Dann werden auch die Reflex-Bewegungen ergriffen. Anfangs noch dann und wann schwache Zuckungen, zuletzt in den Fingern und Zehen, hervorrufend, ist bald kein Reiz mehr stark genug, noch irgend welche Bewegung auszulösen. Man sollte das Thier für todt halten, wenn nicht noch das Herz das schlummernde Leben verriethe. — Die Circulation geht bei einer gewöhnlichen Vergiftung durch Curare lange, wie es scheint, fast ganz unbeeinträchtigt vor sich. Trotz der Erweiterung der kleinen Arterien, die, wie man an der Schwimmhaut des Frosches unter dem Mikroskop sieht, dieses Gift bewirkt, kann bei einem vollständig gelähmten Frosch das Herz oft noch Tage lang fort pulsiren. Durch grosse Dosen aber wird auch der Kreislauf vernichtet. Schon bei subcutaner Vergiftung sah ich auf diese Weise die Sistirung der Herzcontractionen, den Tod innerhalb zwei Stunden eintreten; bei der Injection des Giftes in eine Vene erfolgte diese Wirkung noch rascher. Was die Zahl der Herzcontractionen betrifft, so habe ich in keinem Fall eine Vermehrung derselben, die Wundt und Schelske*) und auch Kölliker**) beobachtet haben wollen, durch das Pfeilgift eintreten sehen; vielmehr habe ich stets, so oft ich Untersuchungen über diese Frage angestellt, eine Abnahme derselben, in mehreren Fällen eine stetig fortschreitende, beobachtet.

Folgende genau beobachtete Versuche mögen als Beispiele dienen.

Versuch I.	Versuch II.	Versuch III.
Ein Frosch vor der Vergiftung 52 Contr. 1 Minute.	Ein Frosch (stärker vergiftet) vor der Vergiftung 50 Contr. in 1 Minute.	Ein Frosch (noch stärker wie der im Versuch II vergiftet) 58 Contr. in 1 Minute vor der Vergiftung.
5 Min. n. d. Verg. 45 C.	2 Min. n. d. Verg. 48 C.	3 Min. n. d. Verg. 45 C.
10 „ „ „ „ 42 „	3 „ „ „ „ 48 „	6 „ „ „ „ 50 „
15 „ „ „ „ 48 „	4 „ „ „ „ 48 „	8 „ „ „ „ 50 „

*) Ueber den Einflusss des Curare auf Nerven und Muskeln (Verh. des naturh.-med. Vereins zu Heidelberg 1859).

**) Phys. Untersuchungen über die Wirkung einiger Gifte (Virchow Archiv f. pathol. Anatomie und Phys. u. f. klin. Med. X. Bd. Berl. 1856).

Versuch I.
(Fortsetzung.)

20 Min. n. d. Verg. 42 C.
25 „ „ „ „ 38 „
30 „ „ „ „ 40 „
35 „ „ „ „ 38 „
40 „ „ „ „ 38 „
45 „ „ „ „ 42 „
50 „ „ „ „ 42 „
55 „ „ „ „ 40 „
60 „ „ „ „ 40 „
65 „ „ „ „ 42 „
80 „ „ „ „ 42 „
95 „ „ „ „ 40 „
110 „ „ „ „ 40 „
125 „ „ „ „ 40 „
140 „ „ „ „ 38 „
155 „ „ „ „ 40 „
4½ Stunden spät. 40 „
18 Stunden später Contractionen sehr langsam und noch kaum sichtbar; 2 St. später das Herz steht still.

Versuch II.
(Fortsetzung.)

5 Min. n. d. Verg. 46 C.
6 „ „ „ „ 48 „
7 „ „ „ „ 46 „
gelähmt.
8 „ „ „ „ 42 „
9 „ „ „ „ 40 „
10 „ „ „ „ 42 „
11 „ „ „ „ 42 „
12 „ „ „ „ 36 „
14 „ „ „ „ 36 „
16 „ „ „ „ 34 „
18 „ „ „ „ 34 „
20 „ „ „ „ 35 „
22 „ „ „ „ 34 „
24 „ „ „ „ 35 „
26 „ „ „ „ 36 „
28 „ „ „ „ 38 „
30 „ „ „ „ 37 „
35 „ „ „ „ 38 „
40 „ „ „ „ 38 „
45 „ „ „ „ 39 „
50 „ „ „ „ 41 „
55 „ „ „ „ 41 „
60 „ „ „ „ 40 „
65 „ „ „ „ 39 „
70 „ „ „ „ 38 „
75 „ „ „ „ 38 „
90 „ „ „ „ 37 „
105 „ „ „ „ 38 „
120 „ „ „ „ 38 „
4½ Stunden spät. 37 „
18 „ „ 36 „
24 „ „ der Frosch todt.

Versuch III.
(Fortsetzung.)

10 Min. n. d. Verg. 50 C.
12 „ „ „ „ 52 „
14 „ „ „ „ 52 „
16 „ „ „ „ 48 „
18 „ „ „ „ 50 „
20 „ „ „ „ 50 „
22 „ „ „ „ 48 „
24 „ „ „ „ 44 „
26 „ „ „ „ 44 „
28 „ „ „ „ 40 „
30 „ „ „ „ 36 „
35 „ „ „ „ 30 „
40 „ „ „ „ 28 „
45 „ „ „ „ 28 „
50 „ „ „ „ 28 „
55 „ „ „ „ 30 „
60 „ „ „ „ 31 „
65 „ „ „ „ 30 „
70 „ „ „ „ 30 „
75 „ „ „ „ 29 „
80 „ „ „ „ 28 „
85 „ „ „ „ 29 „
4½ Stunden spät. 24 „
18 „ „ der Frosch todt.

Diese Versuche wurden so ausgeführt, dass die Frösche, um die Herzcontractionen beobachten zu können, aufgeschnitten wurden; dieselben wurden dann von einer von der Brustwunde weit entfernten Hautwunde aus vergiftet. Dann wurde zur Controle einigen anderen Fröschen, um die Respiration aufzuheben, der Kopf abgeschnitten und dann ebenfalls der Leib eröffnet, um zu sehen, wie weit etwa die Operation in den vorhergehenden Versuchen die Circulation beeinflusst.

Versuch IV.

Ein Frosch, 42 Contr. in 1 Minute; derselbe wird decapitirt geöffnet.

6 M. nach der Operat. 40 C. in 1 M.
10 „ „ „ „ 40 „
15 „ „ „ „ 40 „

Versuch V.

Bei einem zweiten Frosch dasselbe Verfahren.

Das Herz schlägt nach 36 Stunden noch kräftig.

20 M. nach der Operat. 40 C. in 1 M.
25 „ „ „ „ 48 „
30 „ „ „ „ 44 „
$4^1/_2$ Stunden später 38 „

Die in diesen Fällen beigebrachten grossen Wunden wurden während der Zeit, dass keine Beobachtungen geschahen, mit feuchtem Fliesspapier bedeckt.

Eben so wenig wie eine Vermehrung der Herzcontractionen habe ich in irgend einem Stadium der Vergiftung eine gesteigerte Reflex-Reizbarkeit, wie sie nach Wundt's und Schelske's*) Beobachtungen regelmässig vorkommen sollen, beobachtet; vielmehr habe ich auch bei der Reflex-Thätigkeit die Lähmung bis zum Höhepunkte der Vergiftung resp. bis zum Tode allmälig an Intensität zunehmen sehen.

Das Curare wird im thierischen Organismus sehr bald zerstört**). Frösche, die so stark vergiftet werden, dass bei ihnen ausser den Herzcontractionen alle Bewegungen vollkommen gelähmt sind, befinden sich sehr oft schon nach 24 Stunden, zuweilen noch viel früher, vollständig wohl. Die Einwirkung des Pfeilgiftes auf die Lebensfunctionen ist, wenn man nicht durch zu grosse Dosen die Circulation aufhören macht, eine sehr unbedeutende und durchaus keine nachhaltige. Frösche, die oft zwei, drei und noch mehrere Tage vollkommen gelähmt da lagen, sieht man sehr bald nach dem Verschwinden der Lähmung der willkürlichen, Respirations- und Reflex-Bewegungen, welches in umgekehrter Ordnung wie das Auftreten derselben erfolgt, sich vollständig erholen.

Ausser bei Fröschen habe ich bei vier Kaninchen und einem Hunde Versuche über die Wirkung des Curare angestellt. Indem ich die dabei gemachten Beobachtungen kurz wiedergebe, werde ich zugleich auf die Versuche Rücksicht nehmen, in denen den Thieren zwar nebenbei oder schon vorher Strychnin beigebracht, bei denen aber bloss noch die Wirkung vom Curare fortbestand.

Vom Säugethier wird eine im concreten Fall der tödtlichen sehr nahestehende Dosis Pfeilgift ohne alle Zeichen der Intoxication ertragen, mit anderen Worten: die Wirkung des Giftes ist, wenn sie überhaupt auftritt, fast stets eine tödtliche. Dabei kann aber von einer sogenannten cumulativen Wirkung

---

*) l. c.

**) Wegen der leichten Oxydirbarkeit des Pfeilgiftes in einem ozonisirten Luftstrom halte ich die Ansicht von der Zerstörung desselben im Organismus der Ansicht vom Ausgeschiedenwerden aus dem Körper gegenüber für die wahrscheinlichere.

nicht die Rede sein. Es ist vielmehr bei diesen Thieren die Zerstörung des Giftes so rasch, dass ich einem Hunde, ohne alle nachtheilige Wirkung hervorzurufen, innerhalb 6 Stunden in viertelstündigen Zwischenräumen ein so grosses Quantum Gift beibringen konnte, wie es am folgenden Tage in wenigen grossen Dosen gegeben bei Weitem nicht nöthig war, denselben vollständig zu lähmen.

Versuch VI.

Einem 12 Kilogr. schweren Hunde werden von einer titrirten Lösung, wovon ein Cub.-C. = 0,0017 Curare enthält, 10 Uhr 25 M. 2,4 Cub.-C. in eine Hautwunde gebracht; da gar keine Wirkung auftritt, erhält derselbe 10 U. 45 M., dann 11 U., 11 U. 15 M., 11 U. 30 M., 11 U. 45 M., 12 U., 12 U. 15 M. und 12 U. 30 M. jedes Mal noch 0,4 Cub.-C. obiger Lösung. Der Hund zeigt zwar einige Unlust und Müdigkeit, doch glaube ich auf dieselben wenig Werth legen zu dürfen. Einmal musste bei der verdünnten Lösung des Giftes die schon für die Application der ersten Dosis umfangreiche Wunde bei jeder neuen Dosis nicht bloss irritirt, sondern auch, wenigstens subcutan, vergrössert und dadurch das Wohlbefinden des Thieres bedeutend gestört werden; ausserdem fühlte es sich — erst den Abend vorher erworben — in seinem neuen Kreise sicher sehr fremd und ungemüthlich.

Während der Mittagszeit dieselben Erscheinungen, nur hat das Thier einige Nahrung zu sich genommen. 2 U. 5 M. erhält es wieder 2,4 Cub.-C. der Lösung; da noch keine Wirkung erfolgte, 2 U. 30 M., ferner 2 U. 45 M., 3 U., 3 U. 15 M. und 3 U. 30 M. abermals 0,9 Cub.-C. jener Lösung. — Das Befinden des Hundes wie am Morgen; er hat einmal Nahrung und auch Wasser zu sich genommen; durchaus keine Spur von Lähmung.

Ich glaube den Grund einer so feinen Grenze zwischen Wirkung überhaupt und tödtlicher Wirkung des Pfeilgiftes beim Säugethier darin suchen zu müssen, dass so sehr früh die Respiration von der Lähmung ergriffen wird, und dass dadurch nicht bloss eine für das Leben absolut nothwendige Function beeinträchtigt, sondern auch zugleich der wahrscheinlich einzige Factor der Zerstörung des Giftes im Organismus mehr oder weniger aufgehoben wird, so dass von einer überhaupt wirksamen bis zur absolut Tod bringenden Quantität des Giftes eine einfache Vermehrung oder Verminderung der Dosis wenigstens von einer doppelten Steigerung resp. Abnahme der Wirkung gefolgt sein muss.

Schon der durch die Tracheotomie bewirkte leichtere Austausch zwischen Lungengasen und atmosphärischer Luft war bei einem Kaninchen im Stande, das Auftreten irgend welcher Vergiftungs-Symptome nach einer tödtlichen Dosis durchaus zu verhindern (s. Versuch VIII.).

Die Erscheinungen nach einer tödtlichen Dosis sind beim Säugethier ganz ähnlich, wie wir sie beim Frosch gesehen; nur ist hier wegen der Bedeutung der Lungen-Respiration für das Leben der ganze Process viel kürzer.

Das Auftreten der Wirkung erfolgte bei subcutaner Anwendung des Giftes in 5—15 Minuten.

Die Lähmung der willkürlichen Bewegungen, auch hier das erste Zeichen der Vergiftung, beginnt ebenfalls zuerst in den hinteren Extremitäten, speciell den hinteren Füssen, und verbreitet sich von da sehr bald über den ganzen Organismus. Sass das Thier da, so sinkt es zusammen, ging es umher, so fällt es um und ist nicht im Stande, sich wieder aufzurichten. Dabei — wie es scheint durch die Ueberraschung, seiner Kräfte so plötzlich beraubt zu sein, bestürzt — lässt es sehr oft, aber doch nicht constant, den Urin. Gleich nach dem Auftreten der lähmenden Wirkung in den Extremitäten ergreift dieselbe auch die Respiration; die Athemzüge werden sehr flach, zugleich anfangs frequent, dann seltener und hören bald ganz auf. Das Herz macht dann noch einige Contractionen; das unbewegliche Auge fängt an zu thränen; am Munde sammelt sich eine Masse schaumigen Speichels, das Thier zuckt noch einige Male und das Leben ist erloschen (s. Versuch VII.).

Die Reflex-Bewegungen zeigen sich in diesen Fällen, ehe der Tod sie ganz aufhebt, nur sehr wenig geschwächt.

Bei Anwendung einer wirksamen, aber doch nicht tödtlichen Dosis erkennt man die Wirkung des Giftes nur an einer kurze Zeit anhaltenden mehr oder minder unvollständigen Lähmung der willkürlichen und Respirations-Bewegungen. Schon eine viel kleinere Dosis, als sie im Stande ist, die willkürlichen Bewegungen ganz zu lähmen, wirkt tödtlich, indem sie die Respiration aufhebt. Wird das Pfeilgift einem Säugethier in die Vene injicirt, so ist die Wirkung einer tödtlichen Dosis so rasch, dass es, wie schon Fontana*) nachgewiesen, sofort tödtet. Der ganze Verlauf von Anfang der Vergiftung an bis bis zum Tode dauert höchstens einige Minuten.

---

*) Sur le venin etc. T. II; le poison Américain introduit dans le sang tue dans l'instant, vide Marx, Giftlehre II. S. 155.

Versuch VII.

Ein Kaninchen erhält durch eine Hautwunde auf dem Rücken 11 U. Morgens 0,3 Cub.-C. der vorhin erwähnten titriten Lösung = 0,00051 Grm. Curare; da keine Wirkung eintritt, 11 U. 25 M. dieselbe Dosis. Da das Thier noch keine Vergiftungs-Symptome zeigt, 11 U. 45 M. abermals 0,00051 Gr.

12 U. Das Thier gleitet beim Gehen hinten aus und fällt auf die Seite.

12 U. 5 M. Athem sehr frequent und oberflächlich.

12 U. 7 M. Athem rar, hört vollkommen auf; das Auge starr. Das Thier zuckt einige Male.

12 U. 8 M. Das Herz steht still; Tod.

Versuch VIII.

Ein Kaninchen von der Grösse wie das vorhergehende erhält, nachdem die Tracheotomie an demselben gemacht, in eine Hautwunde 0,00153 Grm. Curare; es zeigen sich bei dem Thiere durchaus keine Vergiftungs-Erscheinungen. Da der Mittag den Versuch unterbricht, wird das Thier in den Stall gesetzt, um am folgenden Morgen weiter vorgenommen zu werden, wird dann aber todt gefunden. Tod durch Verstopfung der in der Trachea sitzen gebliebenen Röhre.

Um bei Säugethieren die Wirkung des Pfeilgiftes analog wie bei Fröschen länger beobachten zu können, muss man die künstliche Respiration anwenden. Diese geschah bei meinen Versuchen durch eine Luftröhrenfistel, in die ein mit einem Kautschukschlauch verbundenes Glasrohr eingeführt wurde. In letzteres wurde dann bei meinen ersten Versuchen die Luft durch den Mund eingeblasen (Inspiration), die Exspiration durch Zusammendrücken des Thorax bewerkstelligt; in späterer Zeit wurde die künstliche Respiration durch einen eigens dazu von mir construirten Apparat, auf den ich später zurückkomme, unterhalten.

Wird auch die künstliche Respiration eingeleitet, so pflegen doch die sonst dem Tode vorhergehenden Zuckungen einzutreten. Die Reflex-Thätigkeit besteht noch einige Zeit fort, wie sehr schön beim Kaninchen an den mit der künstlichen Respiration synchronischen Bewegungen der Nasenflügel zn sehen. Bald hören diese auf, und es fehlt, fühlt man nicht nach dem Herzen, jedes Zeichen des noch innewohnenden Lebens; bis nach einer bestimmten Zeit, deren Dauer von der Gattung des Thieres und der angewandten Dosis abhängt, die verschiedenen Lebensfunctionen in umgekehrter Ordnung, wie

sie erloschen, wieder erscheinen, und dann verhältnissmässig sehr bald der vollkommene Normalzustand des Thieres wieder hergestellt ist. — Die Circulation geht beim Säugethier selbst nach einer sehr starken Vergiftung wenigstens unmerklich beeinträchtigt, lange von Statten; selbst eine so grosse Dosis, die einen Hund länger als 13 Stunden lähmte, liess noch gar keinen nachtheiligen Einfluss auf dieselbe merken.

Die beim Verschwinden der Lähmung wiederkehrenden Reflex-Bewegungen gingen der Rückkehr der Respiration oft sehr lange voraus; sie erschienen zuerst in den Extremitäten; in mehreren Fällen waren dieselben zugleich von deutlich wahrnehmbaren Darmbewegungen begleitet (s. Versuch XLII.).

Merkwürdiger Weise zeigten sich diese die Rückkehr des Lebens anzeigenden Bewegungen nicht selten, und zwar bei demselben Thier oft mehrere Male während des Höhepunktes der Vergiftung, so dass nicht mit diesem Phänomen vertraute Beobachter mir oft schon zum gewonnenen Spiel gratuliren wollten, wenn oft noch Stunden lang die künstliche Respiration unterhalten werden musste. Ich glaube diese Erscheinung am wahrscheinlichsten so erklären zu können, dass in dem Augenblicke, wo das Thier zuckte, ein wahrscheinlich zuerst aufgesogener Theil des Giftes wirklich zerstört war, dass aber dann sofort hinterher ein anderer später aufgesogener Theil das Thier wieder vollständig lähmte. Diese Erklärung scheint mir auch für den Fall die passendste, wo das Thier mehrere Male einige Zeit (einmal sogar 5 Minuten) selbst athmete, um dann wieder in die tiefste Lethargie zu versinken.

Versuch IX.

Ein Kaninchen, bei dem vorher die Tracheotomie gemacht, wird von einer Hautwunde auf dem Rücken aus mit 0,9 Cub.-C. obiger Lösung = 0,00153 Grm. Curare vergiftet, 11 U. Da sich 11 U. 20 M. noch keine Symptome zeigen, erhält es noch 0,15 Cub.-C. = 0,000255 Grm. Curare.

11 U. 35 M. Das Thier gleitet hinten aus, fällt auf die Seite und kann nicht mehr aufstehen.

11 U. 37 M. Athem frequent und oberflächlich.

11 U. 40 M. Athem sehr schwach und rar; Herzcontractionen ebenfalls schwach.

11 U. 42 M. Athem aufgehört; künstliche Respiration eingeleitet. Das Herz wieder kräftiger. Reflectorische Bewegungen der Nasenflügel, synchronisch mit den künstlichen Inspirationen. Das Auge unbeweglich feucht; die Pupille in mittlerer Weite.

11 U. 46 M. Bewegungen der Nasenflügel aufgehört.
12 U. 15 M. Das Thier zuckt mit den Beinen; die Augenlider bewegen sich auf Berührung des Bulbus. Auch in anderen Theilen des Körpers treten Reflex-Bewegungen auf.
12 U. 18 M. Das Thier athmet wieder.
12 U. 23 M. Es geht wieder.

Der mit der in der Trachea steckenden Glasröhre verbundene Kautschukschlauch wird in einem nach unten convexen Bogen, hinter dem Unterkiefer her nach oben zwischen die Ohren geführt und an letzteren mit dem freien Ende befestigt.

Tod nach 36 Stunden durch Verstopfung des Schlauches durch Schleim und Staub.

Versuch X.

Ein Kaninchen, an dem die Tracheotomie ausgeführt, wird von einer Hautwunde aus mit 0,002 Grm. Curare vergiftet. Die Wirkung erfolgt nach einer Viertelstunde. Der Verlauf ist ganz ähnlich wie bei dem vorhergehenden; nur muss die künstliche Respiration eine ganze Stunde hindurch unterhalten werden. Nachdem die selbstständige Respiration zurückgekehrt, richtet sich das Thier etwa 5 Minuten später auf; 5 Minuten später geht es, und nach noch 5 Minuten frisst es. Die Röhre wird dies Mal aus der Trachea herausgenommen; die Wunde gut verschlossen. Das Thier ist vier Tage hindurch auch wohl, stirbt am fünften.

Befund: Viel Eiter unter der Haut um die Trachealwunde herum; Eiter in der Trachea; eiterige Entzündung der rechten Lunge. Linke Lunge fast ganz hepatisirt.

Versuch XI, an demselben Hund, der den Tag vorher für den Versuch VI. gedient. Der Hund ist ganz wohl; auf der gestrigen Wunde eine dicke Borke.

Der Hund erhält in eine frische Hautwunde 11 U. 0,01 Grm. Curare in 2 Cub.-C. Wasser gelöst.

Da keine Wirkung eintritt, erhält er
11¼ U. die Hälfte der vorigen Dosis.
11½ U. Der Hund zittert, lässt den Urin laufen; geht wankend einige Schritte und stürzt auf den Hals.
11 U. 35 M. Auf den Tisch getragen, liegt er ruhig. Er kann den Kopf noch für einen Moment heben und wedelt, gerufen, mit dem Schwanze.

Da die Lähmung nachzulassen scheint, erhält der Hund noch 11 U. 42 M. 0,005 Grm. Curare.
11 U. 54 M. Kann weder Kopf noch Schwanz bewegen; Athem frequent und oberflächlich.

11 U. 55 M. Athem aufgehört, künstliche Respiration eingeleitet.

11 U. 56 M. Der Hund zuckt; das Auge thränt; die Lider bewegen sich nicht auf Berührung des Bulbus; vor dem Munde viel schaumiger Speichel. Der Hund liegt dann vollständig gelähmt da bis

12 U. 15 M.; fängt dann an mit den Beinen zu zucken. Die Augenlider bewegen sich nach Berührung.

12 U. 18 M. Der Hund athmet wieder;

12 U. 25 M. erhebt er sich und nimmt

12 U. 30 M. Nahrung zu sich.

Der Hund ist dann bald ganz wieder wohl; lebt mehrere Wochen, um dann für einen später zu nennenden Versuch gebraucht zu werden.

Während einer lang anhaltenden und starken Wirkung des Pfeilgiftes wird der Zustand des Thieres dem wirklichen Tode immer ähnlicher. Das Thier ist absolut für keinen Reiz mehr empfänglich; die sonst während des Versuchs oft auftretenden Zuckungen kommen nicht mehr zum Vorschein. Das thränende Auge wird allmälig ganz trocken; das Epithel der Cornea stösst sich so massenhaft ab, dass das Auge trübe und glanzlos erscheint; die Pupille in mittlerer Weite ist für Lichtreiz starr und unbeweglich. In einem Fall (s. Versuch XLVI) schien schon die Folge des Todes, die Fäulniss, einzutreten, wenigstens zeigten die Wunden einen ausgesprochenen fauligen Geruch.

Der Herzschlag, sich dem Rhythmus der künstlichen Respiration accommodirend, bald rascher, bald langsamer, hört auf, wenn diese unterbrochen und das Leben erlischt, ohne durch irgend welche Reaction sein Scheiden zu verrathen.

Mit Strychnin, über dessen Wirkung ich mir bei seiner überaus reichen Literatur mit noch besserem Grund als beim Curare genauere Untersuchungen anzustellen ersparen konnte, habe ich fast nur, um die Wirksamkeit der Dosen, wie ich sie bei den Thieren anwandte, die zugleich oder hinterher Curare erhielten, zu controliren und um wo möglich einigen Aufschluss über die fernere nicht durch Erstickung bedingte Todesursache dieses Giftes zu gewinnen, Versuche angestellt. — Auch hier werde ich die kurzen Bemerkungen über die Wirkung des Giftes nach den beiden Thierclassen in zwei Abtheilungen wiedergeben.

Wird ein Frosch subcutan mit Strychnin vergiftet, so pflegt er, wenn nicht gereizt, bis zum plötzlichen Eintreten eines Krampfanfalles, kein Zeichen von gestörtem Wohlsein zu ver-

rathen. Durch Reizung kann man aber schon vor Ausbruch der Krämpfe kleinere oder grössere Reflex-Zuckungen hervorrufen. Der Tetanus hat bei dem Frosch das Eigenthümliche, dass Anfangs die Arme gestreckt, die Beine gebeugt sind, und erst nach einiger Zeit die Arme in Beuge-, die Beine in Streck-Krämpfe gerathen. Wegen der geringen Bedeutung der Lungen-Respiration fürs Leben, die ausserdem zwischen den einzelnen Krampf-Paroxysmen mehr oder weniger vollständig wieder in Gang kommt, ist beim Frosch auch der Verlauf der Strychnin-Vergiftung bis zum tödtlichen Ausgange ein langdauernder. Selbst wenn die Vergiftung so stark, dass für die Rigidität der Muskeln nach den eigentlichen Krampfanfällen nur eine geringe Remissionszeit und eine vollständige Erschlaffung derselben gar nicht zu Stande kömmt, können die Frösche viele Stunden, zuweilen sogar einige Tage fortleben. Der Tod ereilt sie in der Regel, ohne dass eine Aenderung in diesem Zustande eingetreten; nur zuweilen geht demselben eine Art von Lähmung vorher. In einigen Fällen wurden die Krämpfe von diesem lähmungsartigen Zustande bloss für einige Zeit unterbrochen, um nach dem Aufhören desselben wieder bis zum tödtlichen Verlauf aufzutreten. Statt des Opisthotonus findet sich beim Frosch Emprosthotonus.

Was die Circulation betrifft, so wird dieselbe, wie ich gefunden, durch krampfhafte Contractionen der Arterienmuskulatur und die dadurch bedingte Stauung nach Strychnin-Vergiftung stark beeinträchtigt. Beobachtet man die Schwimmhaut eines mit Strychnin vergifteten Frosches unter dem Mikroskop, so sieht man gleich nach dem Auftreten eines Krampfanfalles auch die Arterien in Krampf gerathen. Die Contraction der letzteren ist so stark, dass oft das Lumen derselben ganz verschwindet, und ist von solcher Dauer, dass sie viel länger als der Krampf in der Körpermuskulatur anhält. Die durch sie hervorgerufene Stauung ist so bedeutend, dass man den Blutstrom in den Capillaren und den Arterien, wenn das Lumen nicht ganz verschwunden, erst still stehen und dann sogar eine Strecke rückwärts fliessen sieht, bis endlich der normale langsam zurückkehrt. Sind die Krämpfe sehr häufig, so ist der Normalzustand kaum wieder hergestellt, wenn schon ein neuer Krampfanfall mit denselben Folgen sich einstellt, wodurch bald die Stauung so vollkommen werden kann, dass nach einiger Zeit oft keine Spur von Circulation mehr in den Schwimmhäuten zu entdecken ist. — Ebenso schön wie beim Frosch kann man, wie ich mich mehrfach überzeugte, auch an den Flügeln von Fledermäusen diesen Einfluss des Strychnins

auf die Circulation beobachten. Quoad vitam ist die Wirkung des Strychnins mit Curare verglichen, wahrscheinlich durch eben genannten Einfluss auf die Circulation eine viel eingreifendere. Ist der Frosch auch nur so stark vergiftet, dass sich zwischen den Krampfanfällen noch ziemliche Remissionen zeigen, so ist der Ausgang in der Regel doch ein lethaler. — War die Dosis nicht tödtlich, so werden die Remissionen immer länger, die Krämpfe immer kurzdauernder und schwächer; als letzte Spur der Vergiftung bleibt noch einige Zeit eine gesteigerte Reflex-Reizbarkeit zurück.

Ganz anders ist der Verlauf und die Dauer der Intoxication, wenn man das Gift in die Vene injicirt. Der Frosch bekommt entweder gar keinen oder doch nur einen rudimentären Anfall von tetanischen Krämpfen; von einem eigentlichen einigermaassen anhaltenden Tetanus ist gar nicht die Rede; dagegen zeigt das Thier unaufhörlich die ausgeprägtesten klonischen Krämpfe. Man sieht die einzelnen Muskeln, so viel sie durch die Haut zu erkennen, in sehr kurzen Intervallen fortwährend sich contrahiren und erschlaffen. Dabei ist das Thier von vorn herein ziemlich schlaff; die Extremitäten bleiben in jeder Lage, in die man sie bringt, liegen; — der Athem ist von Anfang an verschwunden. — Nach einiger Zeit hört das Muskelspiel auf, kehrt anfangs noch auf Reize für einige Zeit wieder, ist aber bald auf keine Weise mehr hervorzurufen. Der Frosch liegt, wie mit Curare vergiftet, vollkommen schlaff und bewegungslos da, das Leben ist erloschen. Das Herz steht in Diastole still und ist, wie die grossen Venenstämme, bis zum Aeussersten mit Blut überfüllt. Der Tod erfolgte bei dieser Art der Intoxication in der Regel innerhalb einer Stunde.

Die Säugethiere sind, mit den Fröschen verglichen, verhältnissmässig viel empfindlicher gegen das Strychnin als gegen Curare. Die Zeit des Auftretens der Wirkung wie der Verlauf ist bei diesem Gift viel mehr, als bei dem Pfeilgift, nach der Grösse der Dosis und der Applicationsweise sehr verschieden. Bei der subcutanen Application zeigt sich nach kleinerer Dosis (beim Hund) zuerst eine Steifheit in dem Nacken, die von da sich auf den Rücken und den übrigen Körper ausbreitet. Die Wirbelsäule scheint bald völlig unbeweglich; will das Thier sich umdrehen, so muss es sich ganz umwenden. Die hinteren Extremitäten hat es weit von einander entfernt, die Vorderbeine einander ziemlich nahe gerückt; der Schwanz ist zwischen die Hinterbeine gezogen. Der Gang ist trippelnd, wie wenn das Thier nicht aufzutreten wagte; bei etwas stär-

kerer Wirkung scheinen nur noch die Vorderbeine Gehbewegungen auszuüben, die Hinterbeine rein nachgezogen zu werden. Am schwersten fällt dem Hund das Springen; wenn man ihn dazu nöthigt, fällt er entweder auf den Gegenstand, über den er springen soll, nieder, oder stürzt gleich hinter diesem zu Boden. — Zugleich zeigt das Thier eine sehr grosse Reizbarkeit; es sucht auf alle Weise jede Berührung zu vermeiden. Furchtsam und ängstlich schaut es umher, um, wie es scheint, selbst dem Reiz durch einen überraschenden Gehör- oder Gesichtseindruck vorzubeugen. Lüstern blickt es nach einer abgelegenen Ecke und sucht, sich überlassen, langsam dahin zu gelangen und sich allmälig niederzulegen. Der letzte Versuch kostet ihm in der Regel einen Krampfanfall. — Bei stärkerer Vergiftung kommt von diesen prodromis kaum etwas zum Vorschein. In der Regel ist hier die erste Wirkung gleich ein Krampfanfall; so frass ein Hund so lange, bis ihm der mit Trismus verbundene Tetanus das Kauen versagte. — Erbrechen zeigte sich bei keinem meiner Versuchsthiere; Durst wurde nur bei einigen Hunden, die sehr heftig keuchten, beobachtet. — Befällt das Thier ein Krampfanfall, so werden die Vorderbeine sich bis zur Berührung genähert und nach hinten gezogen. Das Thier stürzt auf den Hals, fällt auf die Seite und liegt nun mit stark hintenüber gezogenem Kopf steif und fast bewegungslos da, so dass man kaum einzelne Zuckungen an ihm wahrnimmt. In der Regel ist der Tetanus von Trismus begleitet. Das Auge ist starr und weit prominirend; die Pupille ist so weit, dass man mit einer einfachen Lupe die Retinalgefässe deutlich erkennt. Die Respiration stockt vollkommen. Der Herzschlag, anfangs sehr rasch, wird bald langsam, aussetzend und hört, wenn das Thier sich nicht wieder erholt, ganz auf. — Auffallend ist bei den durch Strychnin vergifteten Thieren die rasch eintretende und lang anhaltende Todtenstarre. — Kommt das Thier allmälig wieder zu Athem, so zeigt sich nach dem Grade der Intoxication eine mehr oder weniger vollkommene, kürzere oder längere Remission der erwähnten Erscheinungen, die bei rasch tödtenden Dosen jedes Mal nach einem ferneren Anfall an Intensität und Dauer abnimmt, das Thier sucht sich während derselben wo möglich wieder aufzurichten. Das Auge tritt in die Orbita zurück; die Pupille verengt sich. Die Athemzüge und Herzbewegungen sind sehr frequent und intensiv. Die Reflex-Reizbarkeit ist anfangs fast ganz verschwunden oder doch so bedeutend vermindert, dass selbst starke Reize nur schwache Zuckungen auslösen. Letztere nimmt in der Regel aber sehr

bald wieder zu und erreicht meist eine solche Höhe, dass es nur der geringsten Veranlassung bedarf, aufs Neue einen Krampfanfall hervorzurufen. Bei starker Vergiftung erfolgt der Tod bei Hunden gewöhnlich nach dem dritten bis fünften, bei Kaninchen nach dem ersten oder zweiten Anfall.

Versuch XII.

Ein Kaninchen (Controle-Versuch zu Versuch XXXXIII.) erhält in eine Hautwunde 0,0008 Grm. Strychnin. Nach 6 M. erfolgt ein Krampfanfall; es kömmt noch wieder zu Athem, richtet sich auch noch wieder auf. Nach 12 M. der zweite Anfall; es erstickt in demselben.

Versuch XIII.

Ein Hund von 19,7 Kilogr. Gewicht erhält 0,005 Grm. Strychnin in eine Hautwunde. — Nach 12 M. der erste Krampfanfall. — 188 Respirationen in 1 M. zwischen dem ersten und zweiten Anfall. — Tod am Ende des vierten Anfalls; 35 M. nach der Intoxication.

Bei kleinen aber tödtlichen Dosen ist der Verlauf ein viel längerer; doch ist auch in diesem Fall der Tod die directe Folge eines Krampfanfalls.

Versuch XIV.

Ein Hund von 11 Kilogr. Gewicht, der einige Zeit vorher zu Versuch XXXXVII, jetzt vor zwei Tagen für Versuch XV gebraucht, erhält in eine frische Hautwunde 0,0018 Grm. Strychnin. Nach 25 M. der erste Krampfanfall; im Ganzen etwa zehn Anfälle. Tod nach $2^1/_2$ Stunden.

Sectionsbefund von Versuch XII. XIII. XIV.

Gleich nach dem Tode Relaxation der contrahirten Muskeln; sehr bald schon bei noch warmem Cadaver Eintritt der Todtenstarre. — Lunge nicht blutreich; das rechte Herz und die grossen Venen fast mit Blut überfüllt. Leber durch Blutfülle dunkel gefärbt. Blut venös, flüssig; an der Luft locker gerinnend.

Wird die Vergiftung überstanden, was nur dann möglich, wenn es sich um eine Minimal-Dosis handelt, und fast gar keine oder nur sehr seltene und kurzdauernde tetanische Krämpfe auftreten, so dauert es selbst wenn schon gesteigerte Reflex-Reizbarkeit und Steifheit — die am längsten zurückbleibenden Spuren dieser Vergiftung — verschwunden, in der Regel noch lange, bis das Befinden des Thieres zum Normal-

zustande zurückkehrt. Es liegt noch lange still und apathisch da und pflegt erst nach Verlauf von mehreren Stunden Nahrung zu sich zu nehmen.

Versuch XV.

Ein Hund (derselbe war schon Versuch XIV erwähnt) erhält in eine Hautwunde 0,0005 Grm. Strychnin in $^1/_2$ Cub.-C. Wasser gelöst. Bis 25 M. nach der Intoxication keine Vergiftungs-Symptome. Von da an eine gewisse Steifheit in Nacken, Rücken und den Beinen; Schwanz zwischen den Hinterbeinen. Gang trippelnd; kein Krampfanfall. Anderthalb Stunden später erhält er noch 0,0007 Grm. Strychnin. Nach 20 M. auf Reiz der erste Krampfanfall. Nach diesem folgen bis $3^1/_2$ Stunden nach der Vergiftung in unbestimmten Zwischenräumen acht Anfälle von verschiedener Stärke, meist auf absichtlichen Reiz. Da der Versuch dann unterbrochen werden musste, versuchte ich durch Chloroform dem Thiere seinen Zustand zu erleichtern. Ich verursachte ihm hierdurch zwar einen heftigen Krampfanfall, doch gelang es mir, es in tiefe Narkose zu bringen. Als der Hund nach einer Viertelstunde erwachte, hatten die Vergiftungs-Symptome sich entschieden vermindert. — Das Thier wurde jetzt sich selbst überlassen; zwei Stunden später war es noch sehr matt und wollte noch keine Nahrung zu sich nehmen. Am folgenden Morgen war der Hund wohl.

Versuch XVI.

Ein Hund von 4 Kilogr. Gew. erhält von einer Hautwunde aus 0,0009 Grm. Strychnin. Auftreten der Wirkung etwa nach $^1/_2$ Stunde. Verlauf ganz ähnlich wie beim vorhergehenden Versuch, nur weniger (etwa 5) Krampfanfälle. Beobachtungszeit zwei Stunden. Da der Versuch wieder unterbrochen werden musste, versuchte ich die Strychninwirkung durch Chloroform zu unterdrücken, was wieder einen Krampfanfall und dann in diesem Falle den Tod durch Erstickung zur Folge hatte.

Wie beim Frosch gewährt auch beim Hund die Vergiftung mit Strychnin von der Vene aus ein ganz anderes Bild, wie wenn das Gift in eine Wunde gebracht wird. — Der Zeitraum zwischen Vergiftung und Auftreten der Wirkung misst nur einige Secunden. Ein Anfall von Tetanus kommt entweder gar nicht oder nur rudimentär zu Stande. Die Extremitäten sind zwar gestreckt, aber passiv leicht beweglich und biegsam. Der sonst stetige Opisthotonus nur sehr unvollkom-

men ausgedrückt. Dagegen zeigt auch der Hund wie der Frosch fortwährend die heftigsten klonischen Krämpfe; nur kann man die raschen Contractionen und Erschlaffungen der Muskeln deutlich durch das Gefühl wahrnehmen. Der Zustand des Thieres hat oberflächlich sehr viel Aehnlichkeit mit einem Schüttelfrost, nur sind die Zuckungen viel heftiger und zeigen keinen Augenblick Remission. Selbst die Augenlider und der Bulbus selbst zucken unaufhörlich, und auch die Radial- und Circularfasern der Iris werden abwechselnd von den klonischen Krämpfen ergriffen. Der Unterkiefer zuckt immer fort, ohne sich bis zum Verschluss des Mundes dem Oberkiefer zu nähern. Die Muskulatur der Zunge endlich gewährt dasselbe Bild, wie es das durch die Haut zu erkennende Muskelspiel beim Frosch darbietet. — Was die Respiration und Circulation betrifft, so hört das Athmen gleich beim Auftreten der Wirkung überhaupt auf, und ist deshalb der ganze Verlauf der Erscheinungen ein sehr kurzer. Ueber die Herzcontractionen, über den Puls ist bei den heftigen Muskelzuckungen keine Beobachtung anzustellen.

Die bei den auf diese Weise vergifteten Hunden wenig ausgeprägte Starre der Muskeln liess es mir möglich erscheinen, mit Hülfe meines Apparates künstliche Respiration bei denselben einzuleiten, und dadurch die Wirkung des Strychnins etwas weiter zu verfolgen. Der Versuch gelang so vollkommen, dass sogar die Wirkung einer solchen Dosis, die bei subcutaner Anwendung hingereicht, Hunde langsam zu tödten, auf diese Weise überwunden wurde, das Thier allmälig wieder anfing zu athmen und sich erholte. Dies war aber nicht was ich suchte, zumal der Versuch, sowohl wegen der Art und Weise der Application des Giftes, wie wegen der angewandten kleinen Dosis, für die Praxis jedes Interesse entbehrt. — Beiläufig von diesem Versuche nur so viel, dass der Zustand des Hundes einige Zeit bevor derselbe zum selbstständigen Leben zurückkehrte, eine mehr oder weniger grosse Aehnlichkeit mit dem Zustande erlangte, den die subcutane Vergiftung herbeiführt, nur waren die Krämpfe immer sehr kurzdauernd und schwach. Interessant ist ausserdem noch von diesem Versuche, dass die Abspannung der contrahirt gewesenen kleinen Arterien, die sich uns unzweideutig durch starke Blutung aus den Hautwunden kundgab, erst viel später erfolgte, als das Thier angefangen zu athmen; zu gleicher Zeit mit der Blutung trat ein starker Speichel- und Thränenfluss ein. — Der Blutdruck im arteriellen System zeigte sich in zwei Versuchen, die eigens zur Messung desselben angestellt

und in denen das Strychnin in die Venen injicirt wurde, doppelt so hoch wie im Normalzustande. —

Schon bei Darreichung von 5 Milligramm war die künstliche Respiration nicht im Stande, den Strychnintod zu beseitigen. In der ersten Zeit waren nach, auch bei künstlicher Respiration, zum Tode führenden Dosen die Erscheinungen ganz dieselben, wie wir sie oben angegeben. Nach einiger Zeit aber hörten zuerst in den hinteren Extremitäten und dann auch in dem übrigen Körper die Zuckungen auf, um anfangs zwar noch auf Reiz für kurze Zeit wiederzukehren, bald aber ganz auszubleiben und einer fortdauernden lähmungsartigen Erschlaffung Platz zu machen. — Die losgebundenen Beine biegen sich, der Kopf fällt auf die Seite, die Zunge hängt aus dem Maule heraus, die Augen sind starr, die Pupille steht, unbeweglich, in mittlerer Weite. Die Respiration geht so ohne alle Reaction von Seiten des Thieres von statten, als wenn es mit Pfeilgift gelähmt wäre; und sollte der nur mit den Wirkungen jenes Giftes vertraute Beobachter glauben, der Hund würde über kurz oder lang wieder erwachen; allein der Erfolg lehrt es anders, der Schlaf des Strychnins führt nur zum Tode. — Ohne Zweifel erfolgt derselbe in diesen Fällen durch die durch den Krampf der Arterienmuskulatur bedingte Stauung. — Trotz der vortrefflich von statten gehenden Anfblasung und Aussaugung der Lunge und des Fortpulsirens des Herzens schreitet die Stauung allmälig so sehr vorwärts, dass alle dem Auge zugänglichen Theile, wie Zunge, Zahnfleisch, nach einiger Zeit die stärkste Cyanose zeigen. Gleich beim Eintritt der Erschlaffung, nach welcher Zeit das Herz noch lange fortpulsirte, floss in einem Versuch aus der angeschnittenen Arteria cruralis nur ein sehr langsamer Strom äusserst dunkeln Blutes.

Versuch XVII.

Ein Hund von 12,3 Kilogr. Gewicht wird, nachdem an ihm die Tracheotomie gemacht und ihm ein Glasrohr in die Trachea gebracht, durch Injection von 0,003 Grm. Strychnin in 15 Cub.-C. Wasser gelöst, in die Cruralvene vergiftet. Nach einer halbstündigen Unterhaltung der künstlichen Respiration fängt der Hund wieder selbst an zu athmen. Erhöhte Reflex-Reizbarkeit und einige Steifheit dauern noch einige Zeit lang fort. Nach 20 M. zeigt sich eine bedeutende Blutung aus der Wunde am Beine wie am Halse; zugleich Speichel- und Thränenfluss. Nach fernerem Verlauf von noch einer halben Stunde, wo der Zustand des Hundes so ziemlich ganz zur

Norm zurückgekehrt, werden demselben abermals 0,005 Grm. Strychnin in 15 Cub.-C. Wasser gelöst injicirt. Da anderthalb Stunden später nach der letzten Injection das Thier durchaus keine Reaction mehr zeigt, der Puls nirgends mehr zu fühlen und die angeschnittene arteria curalis, ohne zu spritzen, nur dunkeles Blut langsam ergiesst, wird, obgleich das Herz noch immer schwach fort pulsirt, mit der künstlichen Respiration aufgehört.

Versuch XVIII.

Ein Hund von 10,1 Kilogr. Gewicht wird, nachdem ebenfalls an ihm die Tracheotomie gemacht und ihm ein Glasrohr in die Trachea eingeführt, mit 0,005 Grm. Strychnin in 15 Cub.-C. Wasser von der Cruralvene aus vergiftet. Derselbe lebte 1 Stunde 15 Min. nach der Injection. — Der Verlauf dieses wie des vorhergehenden Versuchs wie vorhin angegeben.

Nachträglich habe ich noch einen Versuch zu erwähnen, in dem es mir auch bei einem durch subcutane Application des Strychnins vergifteten Säugethier, nämlich einer Katze, gelungen, vermittelst meines Apparats die künstliche Respiration zu unterhalten; vielleicht liesse sich dieselbe auf diese Weise auch bei Hunden, die von einer Wunde aus vergiftet, ausführen.

Versuch XIX.

Eine Katze war bestimmt, subcutan mit Strychnin und hinterher von einer Vene aus mit Curare vergiftet zu werden, um dann bei ihr nach eingetretener Lähmung künstliche Respiration einzuleiten. Nachdem für die Unterhaltung der künstlichen Respiration Alles eingerichtet und für die Injection die Canüle in der Vene steckte und schon die Pfeilgiftlösung in der Spritze bereit war, wurde das Thier 11 Uhr mit 0,002 Grm. Strychnin vergiftet. Als nun 11 U. 10 M. Krämpfe auftraten und das Pfeilgift injicirt werden sollte, zeigte sich die Canüle verstopft. Da nun bei der Katze das Strychnin so heftig wirkt, dass die Respiration sehr bald stockte, blieb nichts übrig, als zu versuchen, selbst unter diesen ungünstigen Auspicien die künstliche Respiration einzuleiten. Um aber doch etwas zu thun, wurde nachträglich die für die Injection hergerichtete und deshalb sehr verdünnte Pfeilgiftlösung (0,004 Curare in 15 Cub.-C. Wasser) subcutan angewandt, da ich bei Strychnin-Vergiftungen von einer Wunde aus die Unterhaltung künstlicher Respiration für unmöglich hielt. Wie ich mir von vornherein hätte sagen können, zeigte

die kleine Dosis von Curare keine Spur von Wirkung. Trotzdem ging das Aufblasen und Aussaugen der Lunge, zumal der Apparat bei der Exspiration noch durch Zusammendrückung der Thorax unterstützt wurde, sehr gut von Statten. Da es äusserer Umstände halber nicht möglich war, ferneres Curare anzuwenden, suchte ich nach Kunde's*) Vorschlag eine hohe Temperatur gegen die Strychninwirkung mit zu Hülfe zu nehmen. Das Thier wurde mit dem Operationstische in die unmittelbare Nähe eines sehr stark geheizten Ofens gebracht, 11 U. 20 M. Natürlich wurde sowohl während des Transports als nachher die künstliche Respiration fortgesetzt. Allmälig wurde das Thier ganz schlaff und liess sich in alle möglichen Stellungen bringen; kein Reiz hatte auf dasselbe mehr einen Einfluss. Der Puls war dann gar nicht mehr zu fühlen; das Herz pulsirte noch sehr schwach; nach etwa einer Viertelstunde (1 St. 35 M. nach der Application des Strychnins) stand dasselbe still.

Sectionsbefund bei den Thieren aus den Versuchen XVII, XVIII, XIX war fast derselbe wie bei den Thieren, die von einer Wunde aus vergiftet werden, und bei denen keine künstliche Respiration unterhalten wird; nur waren hier die Stauungssymptome — von der Lunge abgesehen — noch viel ausgeprägter. Die Leber wie auch die Milz hatten ein blauschwarzes Ansehen; aus ihrem Gewebe liess sich aus dem Durchschnitt das Blut wie aus einem Schwamm ausdrücken. Die grossen Venenstämme und das rechte Herz waren strotzend mit Blut gefüllt. Das Blut sehr venös, dünnflüssig, an der Luft mässig gerinnend.

Was nun den Einfluss des Curare auf Strychnin-Vergiftung betrifft, so habe ich darüber ebenfalls an Fröschen und Säugethieren Untersuchungen angestellt. Die Versuche über diese vorzugsweise rein praktische Frage sind, so weit sie die Frösche betreffen, von geringem Interesse; ich werde sie deshalb nur kurz besprechen.

Das Strychnin und Curare wurden entweder zu gleicher Zeit angewandt oder das Curare erst, wenn schon Strychninkrämpfe aufgetreten waren. In einigen Fällen — die kaum hierher gehören — vergiftete ich die Frösche erst mit Pfeilgift und hernach mit Strychnin. Die Intoxication geschah in allen Fällen von einer Hautwunde aus. Ich verwandte für diese Versuche titrirte Lösungen, von denen die Curarelösung in 1 Cub.-C. 0,0017 Grm. Curare, die Strychninlösung in 1 Cub.-C. 0,001 Grm. Strychnin enthielt.

*) Ueber den Einfluss der Wärme und der Electricität auf das Rückenmark. Verhandlung der phys.-med. Gesellschaft zu Würzburg 1857.

Werden die beiden Gifte zugleich angewandt, so kommt das Strychnin stets eher zur Wirksamkeit als das Curare (s. Versuche XXII, XXIII, XXIV, XXV, XXVI). Ist die mit dem Strychnin zugleich angewandte Dosis Curare klein, d. h. etwa so gross, dass sie, allein gegeben, einen Frosch nur für einen Tag lähmt, so kommt sie schon bei einer zugleich angewandten Quantität Strychnin, die für sich dem Frosch höchstens zwei Tage lang Krämpfe macht, gar nicht zur Wirkung.

Versuch XX.

Ein Frosch wird mit 0,000029 Grm. Curare vergiftet. Nach 10 Minuten vollständige Lähmung. Am anderen Tage munter.

Versuch XXI.

Ein Frosch wird mit 0,00001 Grm. Strychnin und gleich hinterher mit 0,000029 Grm. Curare vergiftet. Nach 5 Minuten starke Krämpfe. Zeigt am sechsten Tage nach der Vergiftung noch immer starke Reflexkrämpfe.

Die erste und alleinige Wirkung, die das Curare auf den Strychninfrosch ausübt, ist eine mehr oder weniger vollkommene Lähmung. Durch diese wird je nach der Dosis so zu sagen zwar ein Theil der Strychninwirkung unterdrückt, dafür tritt aber eine entsprechende Curarewirkung an die Stelle. In Beziehung auf die Lungenrespiration ist die Anwendung des Curare selbst in solcher Dosis, dass es nur schwache Wirkung ausübt, nur schädlich; indem dieselbe, wenn auch nur zwischen den Krampfanfällen, bei einer Strychnin-Vergiftung allein viel besser erfolgt. Keineswegs wird aber durch diese durch das Curare bewirkte Unterdrückung der Wirkungen des Strychnins ein entsprechender oder auch nur ein kleiner Theil dieses Giftes unschädlich gemacht oder aus dem Organismus des Thieres ausgeschieden, vielmehr tritt, wenn der Frosch die Oxydation des Curare überlebt, das Strychnin wieder in voller Kraft auf. War die Dosis Curare zu gross, so geht das Thier während dessen Wirkung zu Grunde, ohne dass die Strychninwirkung wieder hätte auftreten können.

Versuch XXII.

Ein Frosch erhält 0,0001 Grm. Strychnin und gleich hinterher 0,000034 Grm. Curare. Nach 5 Minuten schwache,

Versuch XXIII.

Ein Frosch erhält 0,0002 Grm. Strychnin, zugleich 0,000034 Curare. Nach 5 Min. Streckkrämpfe, nach 10 Min. will-

nach 10 Min. starke Krämpfe; nach 15 Min. Krämpfe aufgehört, Lähmung. Nach 30 Min. schwache Reflexbewegungen; nach 35 Min. streckt, wenn der Versuch nicht mehrere Male hinter einander angestellt wird, die an den Leib gebrachten Beine. Am zweiten Tage starke Reflexkrämpfe. Am dritten Tage ebenso. Tod am vierten Tage.

Versuch XXV.

Ein Frosch mit 0,0001 Grm. Strychnin und zugleich mit 0,000051 Grm. Curare vergiftet. Nach 8 Min. schwache Reflexkrämpfe; willkürliche Bewegungen gelähmt. Nach 10 Min. vollständige Lähmung. Ebenso am anderen Morgen. Am dritten Tage nebenbei sehr schwache Reflexbewegungen. Tod am vierten Tage.

kürliche Bewegung aufgehoben; ziemlich starke Reflexbewegungen; nach 30 Min. Zustand ebenso. Am anderen Morgen starke Reflexkrämpfe. Tod am dritten Tage.

Versuch XXIV.

Ein Frosch erhält 0,0005 Grm. Strychnin, zugleich 0,000051 Grm. Curare. Nach 4 Min. Haut zwischen den Zehen gespannt; auf Reiz Beugekrämpfe in den Beinen, Streckkrämpfe in den Armen. Athmet in den Pausen zwischen den Krämpfen sehr frequent. Nach 15 Min. Reflexkrämpfe schwach. Nach 30 Min. wieder stark. Ebenso nach 1 Stunde. Am anderen Morgen wieder ausgebildeter Tetanus; Tod am dritten Tage.

Versuch XXVI.

Ein Frosch mit 0,0002 Grm. Strychn. zugleich mit 0,000051 Grm. Curare vergiftet. Nach 7 Min. vollständige Krämpfe. Nach 10 Min. Lähmung der willkürlichen Bewegungen. Nebenbei schwache Reflexbewegungen. Nach 20 Min. absolut gelähmt; ebenso am anderen Morgen. Tod am dritten Tage.

Ganz so verhält sich die Sache, wenn das Curare erst gegeben ist, wenn schon die Strychninkrämpfe aufgetreten sind; nur muss das Curare in den Fällen, um zur Wirkung zu kommen, in grösseren Dosen angewandt werden. Kommt es aber zur Wirkung, so wirkt es in dem schon durch Strychnin geschwächten Organismus in der Regel dann viel intensiver.

Versuch XXVII.

Ein Frosch wird mit 0,0008 Grm. Strychnin vergiftet. Nach 5 Minuten Krämpfe; erhält dann 0,000051 Grm. Curare. Nach 12 Min. gelähmt und noch schwache Reflexbewegungen, Athem sehr schwach. Nach 30 Min. Reflexbewegungen vollkommen aufgehört. Am zweiten Tage noch vollkommen lahm. Ebenso am dritten Tage; Tod an demselben.

Versuch XXVIII.

Ein Frosch wird mit 0,000034 Grm. Curare vergiftet; nach 10 Min. lahm. Am folgenden Tage wohl.

Versuch XXX.

Ein Frosch erhält 0,0002 Grm. Strychnin. Nach 8 Min. Krämpfe. Am zweiten Tage noch gesteigerte Reflexreizbarkeit. Am dritten Tage hüpfte der Frosch munter davon.

Versuch XXIX.

Ein Frosch mit 0,0002 Grm. Strychnin vergiftet, erhält (nach 10 Min.), als Krämpfe aufgetreten, 0,000034 Grm. Curare. Nach 20 Min. lahm. Am anderen Tage wieder starke Krämpfe; erhält wieder 0,000034 Grm. Curare. Nach 10 Min. lahm. Am dritten Tage schwache Krämpfe; erhält kein Curare. Tod am vierten Tage.

Das Strychnin dagegen scheint, wenn mit dem Curare zugleich gegeben, einigen günstigen Einfluss auf die Zerstörung des letzteren Giftes auszuüben*). Wahrscheinlich rührt diese Wirkung von dem durch die Strychninkrämpfe bedingten rascheren Stoffumsatz. Wird dagegen das Strychnin dem Curarefrosch erst beigebracht, wenn die Lähmung eingetreten, so steht es auch hier um das Antidot schlecht. Da das Curare langsam auf seiner Bahn vorwärts rückt, so ist es dem rascher schreitenden, von einem entgegengesetzten Angriffspunkte ausgehenden Strychnin, selbst wenn scheinbar der ganze Organismus schon gelähmt ist, noch möglich, dem Curare einen Theil des zu besetzenden Terrains vorwegzunehmen und seine Kraft sehr schwach zu entfalten; allein das Curare kommt langsam, aber sicher. Sehr bald ist die Strychninwirkung wieder vollständig verschwunden und kommt, wenn das Thier am Leben bleibt, nicht eher wieder zur Wirkung, als bis das Curare zerstört.

---

*) Die Versuche XXVIII und XXIX stehen hiermit nicht gerade im Widerspruch, da bei dem Frosche im Versuch XXIX eher (in der Nacht) Krämpfe aufgetreten sein können, als der Frosch des Versuchs XXVIII sich von der Curarewirkung wiederum erholt hat; ich fand die Frösche am folgenden Morgen in dem oben angegebenen Zustande.

Versuch XXXI.

Ein Frosch wird mit 0,000034 Grm. Curare vergiftet. Nach 10 Min. ausgesprochene Lähmung; erhält dann 0,0004 Grm. Strychnin. Nach 20 Min. (d. h. nach der Curare-Vergiftung) schwache Reflexbewegungen. Nach 30 Min. dieselben etwas stärker; nach 34 Min. wieder vollständig verschwunden. Am folgenden Morgen noch vollständige Lähmung. Am dritten Tage wieder Reflexbewegungen, die an dem Tage zunehmen. Tod am vierten Tage.

Versuch XXXII.

Ein Frosch wird mit 0,000051 Curare vergiftet. Nach 10 Min. gelähmt, erhält derselbe 0,0005 Grm. Strychin. Nach 20 Min. (nach der Curare-Vergiftung) Reflexbewegungen. Diese nach 30 Min. wieder verschwunden. Nach 40 Min. hat die Respiration aufgehört. Am zweiten Tage noch lahm, ebenso am dritten. Tod am vierten Tage.

Zur Vergleichung beider Gifte für sich mögen hier noch folgende zwei Versuche folgen.

Versuch XXXIII.

Ein Frosch erhält 0,000051 Grm. Curare. Nach 5 Min. vollständig gelähmt. Tod am dritten Tage.

Versuch XXXIV.

Ein Frosch wird mit 0,0005 Grm. Strychnin vergiftet. Nach 8 Min. starke Krämpfe. Ohne Nachlass der Erscheinungen erfolgt der Tod am vierten Morgen nach der Vergiftung.

Nachträglich will ich zu diesen Versuchen an Fröschen noch erwähnen, dass ich jeden Versuch stets bei mehreren Fröschen anstellte. Wo der Verlauf derselbe, habe ich ihn nur bei einem Frosch genannt.

Wie verhält sich nun zu dem Resultate meiner Versuche die Beobachtung von Harley*)?

Dieser, um es kurz zu wiederholen, injicirte einem Frosch $^1/_{40}$ Gran = 0,00152250 ... Grm. Strychnin, als Krämpfe aufgetreten waren, $^1/_{500}$ Gran = 0,00012180 ... Grm. Curare in die Bauchhöhle, worauf der Frosch bald lahm wurde. Am folgenden Morgen hatte sich das Thier vollständig erholt. — Dass ein mit Strychnin und dann mit Curare vergifteter Frosch sich, wenn die Dosen beider Gifte nur klein genug, nach

*) l. c.

24 Stunden wieder wohl befindet, ist nichts Merkwürdiges. Auffallend in dem Harley'schen Versuche ist bloss die Grösse der angewandten Dosis beider Gifte oder — da sein Curare möglicher Weise viel unwirksamer war, als das von mir angewandte — des Strychnins. Wenn ich einen Frosch mit $^1/_{40}$ Gran Strychnin vergiftet und dann denselben durch Curare zu lähmen suchte, so musste ich schon von letzterem Gift eine solche Quantität anwenden, dass gar kein Gedanke daran war, dass der Frosch die Oxydation desselben überleben würde; wenn dies aber auch möglich gedacht, würde doch in jedem Fall nach der Zerstörung des Pfeilgiftes die Wirkung einer so grossen Dosis Strychnin wieder sehr heftig aufgetreten sein. Da nun meiner Meinung nach sich dieser beträchtliche Unterschied der Wirksamkeit des Strychnins — um vom Curare ganz abzusehen — in dem Harley'schen und meinen Versuchen nicht wohl durch verschiedene äussere Umstände bei den Versuchen, wie verschiedene Jahreszeit, Temperatur und dergl., noch weniger dadurch, dass Harley das Gift in die Bauchhöhle injicirte, während ich es unter die Haut brachte, erklären lässt, so muss ich annehmen, dass bei dem Harley'schen Frosch zwar die genannte Dosis angewandt wurde, aber nicht vollständig zur Resorption gelangte; um so mehr, als beim Frosch, wenn man nicht die grösstmöglichsten Vorsichtsmassregeln trifft, sehr leicht ein Theil der angewandten Giftlösung wieder aus der Wunde herausfliesst.

Ueber den Einfluss des Pfeilgiftes auf Strychninwirkung beim Säugethier habe ich an zwei Kaninchen, einer Katze und zwölf Hunden Versuche angestellt. Ein Theil dieser Versuche schliesst sich direct an die schon oben kurz erwähnten Versuche von Vella*). Dieser hat auf zweierlei Art Versuche über die antidotische Wirkung des Pfeilgiftes bei Strychnin-Vergiftung angestellt. Von jeder Art hat er 1860 der Academie zu Paris ein Beispiel näher mitgetheilt. In dem ersten Fall brachte er einem Hund von 5,6 Kilogr. Gew. 0,02 Grm. salzsaures Strychnin in den Magen. Als Krämpfe bei dem Thier auftraten, injicirte er demselben langsam so viel Curare in eine Jugularvene, bis die Krämpfe verschwanden. Wenn die Krämpfe wiederkehrten, wurde wieder ein wenig Curare injicirt und dies so lange fortgesetzt, bis zuletzt keine Krämpfe mehr eintraten. Im Ganzen verbrauchte er 0,03 Grm. Curare in 15 Grm. Wasser gelöst. Der Hund befand sich am dritten Tage ganz wohl, erhielt abermals 0,02 Grm. Strychnin und starb daran nach 16 Minuten.

*) l. c.

Im zweiten Fall injicirte er einem Hunde von 8,7 Kilogr. Gew. eine Mischung von 0,002 Grm. Strychnin und 0,015 Grm. Curare in 15 Grm. Wasser in eine Jugularvene. Es traten weder Krämpfe noch Lähmung ein, das Thier blieb ganz ruhig. Acht Tage nachher starb das Thier 10 Min. nach der Vergiftung mit der gleichen Dosis Strychnin.

Da Vella diese beiden Versuche nicht als besonders gelungene oder gar als Ausnahmefälle, sondern einfach als — scheinbar rein zufällig gewählte — Beispiele aus einer grossen Anzahl von Versuchen — er will im Ganzen 67 angestellt haben — bezeichnet, so muss man daraus schliessen, dass die Resultate aller seiner Versuche mit dem der beiden erwähnten, wenigstens der Hauptsache nach, übereinstimmten, dass mit anderen Worten sich das neue Mittel in allen 67 Fällen aufs Herrlichste bewährt habe.

Was die letztgenannte Art der Vella'schen Versuche betrifft, so hatte ich schon von vorn herein allen Grund, die Richtigkeit des von Vella angegebenen Erfolgs dieser doppelten Vergiftung sehr in Zweifel zu ziehen. Chemisch sind beide Gifte durchaus indifferent gegen einander; dann wirken beide von ganz entgegengesetzten Angriffspunkten aus und ferner kommt das Strychnin, wenn es mit dem Curare zugleich angewandt wird, stets eher zur Wirkung, als dieses. Ausserdem wirken beide, wenigstens wenn sie injicirt werden, anhaltend nachtheilig oder gar zerstörend auf die Respiration, und endlich kann die Wirkung beider, wenn die Dosen der Wirksamkeit noch ziemlich gleich, wie die Versuche bei Fröschen gezeigt, lange neben einander bestehen. Wenn ich hiernach also bei Wiederholung des Versuches schon von vorn herein erwarten konnte, dass die Versuchsthiere nicht so ganz ohne alle Beeinträchtigung des Wohlbefindens die doppelte Vergiftung überstehen würden, so konnte man doch noch hoffen, dass sie wenigstens mit dem Leben davon kämen; allein selbst mit dieser Deutung war und ist, wie mich meine Versuche fest überzeugt haben, der von Vella verheissene Ausgang unerreichbar.

Versuch XXXV.

Einem Hund von 18,7 Kilogr. Gew. werden von einer Mischung, die 0,003 Grm. Strychnin und 0,01 Grm. Curare in 50 Cub.-C. Wasser enthält, langsam 25 Cub.-C. in die Vene injicirt. Der Tod erfolgt in 3 Min.

Versuch XXXVI.

Einem Hund von 7,5 Kilogr. Gew. wird eine Mischung von 0,001 Grm. Strychnin und 0,004 Grm. Curare in 15 Cub.-C. Wasser in die Vene injicirt. Tod nach 1 Min.

Versuch XXXVII.

Ein Hund von 6,9 Kilogr. Gew. wird durch Injection von 0,001 Grm. Strychnin und 0,0035 Grm. Curare in 15 Cub.-C. Wasser vergiftet. Der Tod erfolgte nach $2^1/_2$ Min.

Enthält die Mischung der Wirksamkeit nach von beiden Giften so ziemlich die gleiche Quantität, so verfällt das Thier für einige Augenblicke in einen Zustand, der mit dem, den eine Strychnininjection allein herbeiführt, die grösste Aehnlichkeit hat. Es kommt also auch in diesen Fällen das Strychnin eher zur Wirkung wie das Curare. Sehr bald aber mischt sich diesen Erscheinungen die Wirkung des Curare bei. Das Thier zuckt und zuckt, obgleich es schlaff und gelähmt erscheint. Die Respiration hört sehr bald nach der Vergiftung vollständig auf; das Herz pulsirt noch einige Zeit fort. Die Leichen dieser Versuchsthiere gleichen mehr denen, die durch Curare, als denen, die durch Strychnin getödtet wurden. Die Todtenstarre tritt erst ziemlich spät ein. Die Section zeigt wieder die Folgen der Stauung, doch nicht so bedeutend wie bei den Thieren, die mit Strychnin allein vergiftet werden. Alle drei Hunde, vorzüglich aber der erste und dritte, waren sehr kräftige Thiere.

Wie die Vergleichung zeigt, habe ich sowohl der relativen wie der absoluten Grösse nach ganz andere Dosen angewandt wie Vella, und könnte derselbe hiernach meine Controle-Versuche vollkommen verwerfen. Was die absolute Grösse betrifft, so wird Vella, wenn er auch sagt, dass die Dosen selbst im richtigen Verhältniss nicht beliebig gesteigert werden dürfen, um das von ihm gefundene Resultat zu erzielen, doch wohl gegen eine entsprechende Verminderung der Gifte nichts einzuwenden haben! Bei der Bestimmung der relativen Menge beider Gifte, d. h. der richtigen Quantität Curare für die bestimmte Menge Strychnin, musste ich mich bei der bis jetzt quantitativ so ungenau bestimmbaren Wirksamkeit des Curare mehr nach meinen Erfahrungen als nach den Vella'schen Zahlen richten, wenn nicht das Pfeilgift die Wirkung des Strychnins total verdecken und durch absolute Lähmung sofort den Tod herbeiführen sollte, wie es geschehen sein würde, wenn ich wie Vella das Verhältniss des Curare zum Strychnin $7^1/_2:1$ genommen hätte. Bei dem ersten Versuch schien

es mir, obgleich die Wirkung des Pfeilgifts deutlich hervortrat, dass ich ein Minimum von demselben zu wenig angewandt hätte, um, wenn auch nicht wie Vella, eine vollständige Neutralisation, so doch eine möglichst gleichmässige Wirkung beider Gifte zu erzielen. In dem zweiten Fall wandte ich deshalb das Pfeilgift in einem etwas grösseren Verhältniss an, erreichte aber dadurch bloss, dass der Tod nur noch rascher eintrat. In dem dritten Fall verminderte ich dehalb das Verhältniss des Pfeilgiftes zum Strychnin wieder ein wenig, wodurch das Thier dann auch wieder etwas länger am Leben erhalten wurde; dasselbe ging aber doch schon nach $2^1/_2$ Min. zu Grunde.

Ueber die erste Art von Vella's Versuchen liess sich von vorn herein kein so bestimmtes Urtheil bilden. Bei der subcutanen Application des Strychnins scheint die Respiration bloss durch die Krampfanfälle beeinträchtigt zu werden, zwischen den Paroxysmen ist dieselbe sogar sehr stark und frequent; die durch die Contraction der Arterienmuskulatur bedingte Störung der Circulation liesse sich vielleicht durch das Curare sehr leicht beseitigen. Auf diese Weise liesse sich der Fall denken, dass durch allmälige Injection kleiner Mengen Curare in die Vene*) die Strychninwirkung so modificirt werden könnte, dass, wenn auch das Curare eine schwache, anhaltende Beeinträchtigung der Respiration — diese gehört ja mit zu den allernächsten Wirkungen des Pfeilgifts — so doch keine Unterbrechung derselben zu Stande käme, und das Leben des Thieres erhalten würde. Der Versuch lehrte es anders. Die Versuchsthiere sind alle gestorben, wenn auch später, als wenn sie durch Strychninkrämpfe erstickt wären. Meiner Ueberzeugung nach war es auch in diesen Fällen wenigstens vorzugsweise die durch die Contraction der Arterienmuskulatur — die, wie spätere Versuche zeigten, nur durch grosse Dosen Curare und erst sehr spät aufgehoben wird — hervorgerufene Stauung, die den Tod herbeiführte; ausserdem mögen die durch Strychnin hervorgerufenen unaufhörlichen Zuckungen und die dadurch hervorgerufenen Erschöpfungen, wie auch die durch Curare verursachte Beeinträchtigung des Athmens das Ihrige zu dem tödtlichen Ausgang beigetragen haben.

Versuch XXXVIII.

Ein Hund von 17,9 Kilogr. Gew., an dem vorher die Tracheotomie gemacht, wird mit 0,005 Grm. Strychnin in

*) Allein bei dieser Anwendungsweise ist der Fall denkbar; subcutan applicirt würden kleine, nicht lähmende Dosen Curare bei Strychninvergiftung gar nicht zur Wirkung kommen.

6 Cub.-C. Wasser $10^1/_2$ Uhr vergiftet. 10 U. 40 M. wird demselben in die dazu präparirte Cruralvene langsam Curare injicirt, bis die Krämpfe allmälig aufhören; dadurch ist aber zugleich die Respiration vollständig aufgehoben. 10 U. 43 M. wird die künstliche Respiration eingeleitet. Das Thier liegt nun vollkommen gelähmt da bis 11 U. 15 M.; dann fängt es an zu zucken und 11 U. 20 M. selbstständig zu athmen. Von jetzt an wurde bei keiner Injection das Athmen wieder aufgehoben. Obgleich die Zuckungen mit dem Wiedereintreten des Athmens stärker wurden, so gaben sie doch, da sie das Athmen nicht unterbrachen, keine Indication, sogleich wieder Curare zu injiciren. Injicirt wurde von jetzt an immer erst, wenn das Athmen kräftig genug schien. Es erfolgten von jetzt an noch zwei Injectionen 11 U. 40 M. und 12 U. 5 M. Von 12 U. 30 M. an schien das Thier mehr und mehr comatös zu werden. Die bis dahin ziemlich gleichmässig aufgetretenen Zuckungen wurden immer schwächer; zugleich das Athmen wie auch der Puls sehr langsam. 12 U. 40 M. erfolgte der Tod. Im Ganzen wurden 0,008 Grm. Curare in 25 Cub.-C. Wasser injicirt.

Versuch XXXIX.

Ein Hund von 12,5 Kilogr. Gew. erhält 11 U. 0,005 Grm. Strychnin in 6 Cub.-C. Wasser gelöst in eine Hautwunde. Als Krämpfe auftraten (nach 10 Min.), wurde in die präparirte Cruralvene Curare injicirt. Auch in diesem Versuch war die erste Injection zu stark, indem wiederum die Respiration, wenn auch nur für 8 Minuten, unterdrückt wurde, ohne dass die Zuckungen aufhörten. Die Inspiration geschah in diesem Fall durch eine dem Hund ins Maul gesteckte Kautschuk-Kappe, die Exspiration durch Zusammendrücken des Thorax. Ich suchte in diesem Fall von da an absichtlich die Strychninwirkung weniger stark zu unterdrücken, wie im vorigen Versuch, und liess es einige Male sogar zu schwachen Krampfanfällen kommen, ehe wieder injicirt wurde. Der Tod erfolgte 40 Min. nach der Strychnin-Vergiftung, nachdem eben vorher noch ein rudimentärer Krampfanfall erfolgt war. Injectionen erfolgten in unbestimmbaren Zwischenräumen vier Mal; im Ganzen wurde 0,007 Grm. Curare in 25 Cub.-C. Wasser injicirt.

Versuch XXXX.

Ein Hund von 13,8 Kilogr. Gew. wird mit 0,005 Grm. Strychnin in 10 Cub.-C. Wasser von einer Hautwunde aus vergiftet. Es wurden demselben im Ganzen zu vier Malen

18 Cub.-C. einer Lösung, die in 25 Cub.-C. 0,01 Grm. Curare enthielt, in die Cruralvene injicirt. In diesem Fall war ich so glücklich, die Wirkungen beider Gifte fast die ganze Zeit hindurch auf ziemlich gleicher Höhe zu halten. Dennoch erfolgte der Tod nach 1 Stunde 10 Min. nach Application des Strychnins.

In diesen Versuchen ist es nicht leicht, eine so ziemlich gleichmässige Wirkung beider Gifte zur Erscheinung zu bringen. Wenn von der obgleich so verdünnten Lösung Curare nur ein Minimum zu viel oder zu wenig injicirt wird, so ist das Thier entweder gleich so weit gelähmt, dass die Respiration vollkommen stockt, oder es zeigt die Strychninwirkung ihre volle Heftigkeit. Bei einer glücklich getroffenen Injection lassen die Krämpfe sogleich an Heftigkeit nach und kommen bald statt ihrer nur noch mehr oder weniger heftige Zuckungen zu Stande; diese treten anfangs in Paroxysmen auf, sind aber bald — wie auch ja Krampfanfälle in der Regel immer häufiger werden — fast ohne Unterbrechung fortdauernd, und gewinnt der Zustand des Thieres dadurch wieder einige Aehnlichkeit mit dem, den eine Strychnininjection allein herbeiführt; nur dass hier die Zuckungen nicht die Heftigkeit haben wie in jenem Fall, da ja dann das selbstständige Athmen unmöglich sein würde. Auf der anderen Seite erkennt man noch ausserdem, dass keine Krämpfe mehr auftreten, deutlich die Wirkungen des Pfeilgifts; es erscheint sogar trotz der fortdauernden Zuckungen das Thier mehr oder weniger gelähmt. Die bei dem anfänglichen Krampfanfall prominirenden Augen sind in die Orbita zurückgetreten; die Pupille steht in mittlerer Weite. Die Athemzüge gehen ohne Unterbrechung von Statten, sind im Ganzen aber oberflächlich und selten. Der Herzschlag ist anfangs frequent, dann langsam, zuletzt aussetzend und hört fast zu gleicher Zeit mit der Respiration auf.

Zu dem in meinem ersten Versuch begangenen Fehler einer zu starken Injection verleitete mich die Angabe von Vella, wonach er jedes Mal auf langsame Weise so viel Curare injicirte, bis die Krämpfe verschwanden. Auch mir gelang es zwar leicht, dem Thiere die Krämpfe zu nehmen, ich erreichte aber zugleich damit, trotz äusserst langsamen Injicirens, dass das Thier aufhörte zu athmen. Glücklicher Weise hatte ich schon vor dem Versuche — ich weiss nicht, ob aus Misstrauen zu meiner Geschicklichkeit, das richtige Mass der Injection zu treffen, oder aus Zweifel an dem nach Vella zu erwartenden Verlauf und Ausgang — alle nöthigen Vorrichtungen getroffen, bei dem Hund die künstliche Respiration einleiten

zu können. Auf diese Weise wurde es mir leicht möglich, den gemachten Fehler zu corrigiren. Ich erkannte, wie er erwähnt, fernerhin in diesem wie in den beiden anderen Versuchen eine Indication zur weiteren Einspritzung nicht darin, dass das Thier noch Strychninwirkung zeigte, sondern benutzte als Richtschnur die Respiration; so lange oder sobald mir diese kräftig genug schien, wurde wieder ein wenig der Curarelösung injicirt.

Obgleich ich das Strychnin in diesen Versuchen nicht wie Vella den Thieren in den Magen brachte, sondern subcutan anwandte, wird doch wohl Niemand, glaube ich, denselben die Bedeutung von Controle-Versuchen zu den Versuchen von Vella absprechen. Ich habe diese Art der Anwendung gewählt, weil sie einmal die bequemere ist und weil man bei ihr meiner Meinung nach viel sicherer geht, als wenn man das Gift in den Magen bringt, dass die ganze angewandte Dosis resorbirt wird. Dass die Aufsaugung von der Wunde aus eher vor sich geht, als vom Magen aus, ist in diesem Fall gleichgültig, da die Anwendung des Antidots von beiden Seiten dann geschah, wenn die Wirkung des Giftes sich zeigte. Da das Strychnin, subcutan angewandt, wirksamer ist als vom Magen aus, konnte ich meine Dosen den Vella'schen gegenüber um einen entsprechenden Theil verkleinern. Wenn ich sie, wenigstens nach den Angaben der Handbücher noch mehr als nach diesem Verhältniss der Wirksamkeit reducirte, so glaube ich, wird mir Niemand dies weniger übel deuten, als Vella selbst, da eine Nachahmung seiner Versuche mit grösseren Dosen nur noch mehr den idealen Ausgang derselben vermissen wird.

Wenn nicht durch meine später zu nennenden (früher als diese angestellten) Versuche die Frage über die Möglichkeit oder Unmöglichkeit des Bestehens der von Vella angegebenen antidotischen Wirkung des Pfeilgiftes auf Strychninintoxication meiner Meinung nach vollkommen erledigt würde, hätte ich vielleicht noch einige Versuche über dieselbe angestellt, da ich ja vielleicht, es wäre denkbar, noch immer die richtige Quantität des Antidots nicht angewandt haben könnte. Unter bestehenden Umständen schienen es mir Opfer genug für den negativen Erfolg.

Die zweite Art meiner Versuche über die Bedeutung des Pfeilgiftes bei Strychnin-Vergiftung leiteten folgende Gedanken.

Ein stark mit Curare vergiftetes Thier ist absolut für keinen Reiz empfänglich. Selbst das Strychnin vermag nicht irgend welchen Einfluss auf dasselbe auszuüben; sei es, dass

es dem schon gelähmten Thier einverleibt, sei es, dass es vor dem Curare angewandt wird. Auf diese Weise hätte man also in dem Curare — von der durch die Lähmung der Respiration tödtlichen Wirkung desselben abgesehen — in jedem Fall ein sicheres Mittel, die Wirkung des Strychnins vollkommen zu unterdrücken, da, wie mehrere Froschversuche gezeigt, weder der durch Curare gelähmte Organismus selbst im Stande ist, das Strychnin auszuscheiden oder zu zerstören, noch, wie aus anderen Versuchen an Fröschen hervorgegangen — und nachträglich die zur Controle der Vella'schen Versuche angestellten Doppelvergiftungen gelehrt — das Curare dieses Gift zu neutralisiren vermocht hatte. Da es nun ferner nach jenen Froschversuchen, in denen bei gleichzeitiger oder nachträglicher Anwendung von Pfeilgift und dadurch bedingter Aufhebung der Respiration das Strychnin, ohne an Wirksamkeit einzubüssen, lange im Organismus verweilte, während bei anderen Fröschen, bei denen kein Curare angewandt, resp. die Respiration nicht aufgehoben, dieselbe Menge Strychnin längst zerstört oder ausgeschieden war, sehr wahrscheinlich war, dass zur Zerstörung resp. Ausscheidung des Strychnins wie des Curare der hauptsächlichste, wenn nicht einzige, Factor die Respiration sei; so hegte ich die Erwartung, durch grosse Dosen Curare und gleichzeitige Unterhaltung der an dem vollständig gelähmten Thiere leicht ausführbaren künstlichen Respiration mit der Oxydation des Curare auch die Elimination resp. Zerstörung des Strychnins möglich zu machen und auf diese Weise mit Strychnin vergiftete Thiere am Leben zu erhalten. Ueber die Frage, ob die künstliche Respiration allein im Stande sei, eine Strychnin-Vergiftung zu beseitigen, habe ich erst später — die oben (s. Versuche XVII, XVIII) besprochenen — Versuche angestellt. Dass nach denselben bei irgendwie nennenswerthen Dosen die künstliche Respiration allein nicht im Stande ist, den Eintritt des Todes nach Strychnin-Vergiftung zu verhindern, ist meiner Meinung nach leicht begreiflich, wenn man bedenkt, dass dieselbe die durch Strychnin hervorgerufene Affection der Arterienmuskulatur und die dadurch bedingte Circulationsstörung wenigstens nicht direct zu beseitigen vermag, und dass die letztere ebenso gut in den Lungen als im übrigen Körper stattfinden muss, so dass trotz des vollkommensten Aufblasens und Aussaugens der Lunge jedenfalls nur in sehr beschränktem Masse die eigentliche Respiration vor sich geht. Die gewöhnliche Erklärung des Todes bei, so zu sagen, mehr chronisch verlaufendem, nicht direct Erstickung bedingendem Starrkampfe durch „Er-

schöpfung“ würde, glaube ich, für diese Versuche kaum passen. Was die Quantität des anzuwendenden Pfeilgiftes betrifft, so schien es, um die Strychninwirkung völlig zu unterdrücken, a priori zweckmässig, recht grosse Dosen von demselben anzuwenden. Weiter unten werde ich dies als eine absolut nothwendige Bedingung darthun.

Diese meine vorhin ausgesprochene Erwartung nun wurde mit dem schönsten Erfolge gekrönt; alle Thiere, die mit Strychnin vergiftet und bei denen dann jenen beiden Bedingungen — Application einer grossen Dosis Curare und Unterhaltung küntlicher Respiration — vollkommen genügt wurde, sind zum Leben und Wohlsein zurückgeführt. Bei zurückgekehrter Respiration ist das Strychnin vollständig verschwunden; es ist ausgeschieden oder zerstört ohne, abgesehen von den Wirkungen, die es zeigte, bevor es durch Curare unterdrückt war, seine furchtbare Gegenwart auch nur auf irgend welche Weise bemerkbar gemacht zu haben. Nach diesen Erfahrungen nehme ich keinen Anstand zu behaupten, dass durch Erfüllung jener beiden Bedingungen die tödtlichen Folgen jeder Strychnin-Vergiftung sicher zu beseitigen sind. Wenn ich hier trotzdem von einigen misslungenen Versuchen, Versuchen, in denen der Ausgang mit dem Tode des Versuchsthieres endete, zu reden habe, so brauche ich deshalb doch keineswegs meine Behauptung irgendwie zu modificiren. Ebenso wenig habe ich bei denselben etwa an kaum zu vermeidende Fehler zu appelliren, so dass es zwar denkbar und unter bestimmten Umständen auch möglich, eine Strychnin-Intoxication unschädlich zu machen, in praxi aber gar nicht ausführbar wäre; vielmehr handelte es sich bei jenen unglücklich verlaufenden Versuchen um Fehler, die selbst der Ungeübteste sicher vermeiden kann. Nur erleidet dieser Satz für Versuche an Kaninchen und ähnlichen kleineren Thieren einige Beschränkung, indem es bei denselben sehr schwer, ja fast unmöglich ist, die künstliche Respiration — sie muss bei diesen Thieren durch Einblasung von Luft mit dem Munde geschehen — für längere Zeit in genügender Weise auszuführen. Die Hauptursache für das Misslingen einiger Versuche lag in dazumal bestehenden Unvollkommenheiten meines Respirationsapparates; die andere bestand darin, dass nicht Pfeilgift genug zur Hand war resp. angewandt wurde.

Die Versuche geschahen in der Art, dass entweder das Strychnin und Pfeilgift zugleich oder das Pfeilgift erst, wenn schon Strychninkrämpfe aufgetreten waren, angewandt wurde. Die Vergiftung geschah in allen Fällen von Hautwunden aus.

Die Reihe wurde gleich mit einem unglücklichen Versuch eröffnet, der mich an der eigenen Idee hätte verzweifeln machen können, wenn es nicht auf der Hand lag, dass die Ursache des Misslingens des Versuches, d. h. des Todes des Versuchsthiers, von einem Umstand herrührte, den ich in ferneren Versuchen vermeiden zu können glaubte; nämlich von dem Umstande, dass für dieses Thier, ein Kaninchen, eine zu grosse Dosis Curare angewandt war und deshalb die künstliche Respiration — die, wie erwähnt, bei diesen Thieren für längere Zeit nur sehr mangelhaft auszuführen ist — zu lange unterhalten werden musste.

Versuch XLI.

Ein Kaninchen, an dem vorher die Tracheotomie gemacht und dem ein Glasröhrchen, dessen freies Ende mit einen Kautschukschlauch verbunden, in die Trachea geführt, wird von einer Hautwunde aus

12 U. 30 M. mit 0,001 Grm. Strychnin und 0,002 Grm. Curare vergiftet.

12 U. 40 M. hat das Thier schwache Krämpfe.

12 U. 45 M. Athem aufgehört, künstliche Respiration eingeleitet. Zuckungen dauern noch einige Zeit fort. Als diese verschwunden, gibt das Thier nur durch schwache Bewegungen der Nasenflügel, die synchronisch mit den Einblasungen geschehen, Lebenszeichen von sich.

12 U. 50 M. hören auch diese auf; das Kaninchen liegt wie todt da, bis es

1 U. 25 M. wieder anfängt zu zucken.

1 U. 28 M. bewegen sich die Augenlider auf Berührung des Bulbus. Die Zuckungen nehmen an Stärke zu; das Thier richtet sich einigermassen auf, indem es die Füsse unter den Leib zieht, und fängt

1 U. 33 M. an zu athmen. Dies dauert 5 Minuten in ergiebiger Weise fort. Dann wird das Athmen ziemlich plötzlich wieder sehr schwach und hört

1 U. 39 M. abermals vollständig auf. Wieder künstliche Respiration eingeleitet. Das Thier fällt zusammen. Die kurz wieder aufgetretenen Zuckungen wie auch die Nasenflügelbewegungen verschwinden sehr bald wieder; das Thier liegt wieder absolut gelähmt da, bis es

2 U. 5 M. wieder einige Male zuckt und auch etwa 5—6 Athemzüge macht, um dann abermals in die tiefste Lethargie zu versinken. Da das Thier kalt anzufühlen, begebe ich mich in die Nähe eines warmen Ofens. Die erwähnten

Lebenszeichen traten noch zweimal — 2 U. 20 M. und 3 Uhr 5 M. — wieder auf. Von jetzt an lag das Thier wie todt da; nur gingen die Herzcontractionen noch lange ziemlich gut von Statten;

3 U. 45 M. werden sie aber merklich schwächer und hören 4 U. auf.

Die Section ergibt nichts weiter Bemerkenswerthes, als eine ziemliche Anfüllung der kleinen Bronchien und theilweise auch der Trachea und der grösseren Bronchien mit schaumigem Schleim, der sich auch in ziemlicher Quantität in dem Glasröhrchen und dem Schlauch vorfindet.

Ueber die in diesem Versuch auftretende sonderbare Erscheinung des mehrmaligen Auftretens verschiedener Lebenszeichen, sogar der Respiration während der Höhe der Vergiftung, habe ich schon oben, beim Curare, meine Ansicht ausgesprochen.

Versuch XLII.

Ein Hund von 12,4 Kilogr. Gew. wird, nachdem er vorher tracheotomirt,

11 U. 35 M. mit 0,005 Grm. Strychnin in 5 Cub.-C. Wasser und gleich hinterher mit 0,02 Grm. Curare ebenfalls in 5 Cub.-C. Wasser vergiftet.

11 U. 73 M. Anfangs stark auftretende, bald aber schwach werdende Krämpfe.

11 U. 46 M. Athem aufgehört; künstliche Respiration (Einblasung mit dem Munde) eingeleitet. Der Hund liegt bald ganz gelähmt da. Da die (gläserne) Röhre die Trachea nicht ausfüllt, entweicht beim jedesmaligen Einblasen sehr viel Luft neben ihr vorbei in den Kehlkopf, von da in den Mund und dann ins Freie, so dass es fast eine Danaiden-Arbeit, die Lunge auch nur einigermassen zu füllen. Diesen Fehler zu corrigiren, wird um das Maul des Hundes eine Thierblase gebunden und so die Luft von der Seite her abgesperrt. Sofort suchte dieselbe, wenn auch in weniger mächtigem Zuge, sich einen anderen Weg zu bahnen und gelangt vom Mund aus durch den gelähmten Oesophagus in den Darmkanal. Durch von Zeit zu Zeit eintretende Darmcontractionen wird die Luft ausgetrieben. Zweimal musste, als die Zuckungen und mit ihnen die Darmcontractionen lange ausgeblieben, die zu massenhaft in den Gedärmen angesammelte Luft durch Punction entleert werden. Bei der zweiten Punction drang mit der Luft ein wenig Koth aus der Wunde

heraus. Das Thier lag, abgesehen von den genannten einige Male auftretenden Lebenserscheinungen, reactionslos da, bis

1 U. 5 M. wieder Zuckungen sich zeigten, um diesmal anzuhalten, stärker zu werden und nach einiger Zeit

1 U. 12 U. von der Rückkehr der Respiration gefolgt zu werden.

1 U. 20 M. Die Röhre aus der Trachea genommen.

1 U. 35 M. Das Thier aufgerichtet und dann in einen Korb mit Heu gelegt, was um so mehr indicirt scheint, als es trotz aller Bedeckung mit Tüchern beim geheizten Ofen ziemlich kalt geworden. Der Hund liegt matt und apathisch da; hustet sehr oft;

3 U. 25 M. nimmt er einige Milch zu sich. Am Abend werden dem Thier, da es einige Male Brechneigung gezeigt, Eisblasen auf den Bauch applicirt. Nachts fand Kothentleerung statt. Gerufen, erhebt sich der Hund, zeigt aber noch einige Mattigkeit und hustet öfters. Die Wunden werden jetzt verbunden. Im Laufe des Tages besserte sich der Zustand des Hundes so, dass er, von den Wunden und dem noch immer bestehenden Husten — welcher sich erst am dritten Tage verlor — abgesehen, am folgenden Tage als geheilt betrachtet werden konnte. Der Hund wurde mehrere Wochen nachher zu einem anderen nicht hieher gehörigen Versuch gebraucht.

In den jetzt zunächst folgenden Versuchen wurde das Curare erst angewandt, als die Wirkung vom Strychnin schon aufgetreten war. Der erste dieser Versuche geschah wieder an einem Kaninchen.

Versuch XLIII.

Da bei dem im vorletzten Versuch gebrauchten Kaninchen der Tod durch zu lange unterhaltene künstliche Respiration und dadurch bedingte Ansammlung von Schleim und Wasser in den Luftwegen, welches allmälig aus dem Munde des Einblasenden dahin gelangt, verursacht war, suchte ich denselben in diesem Fall dadurch zu vermeiden, dass ich eine Verkleinerung der Dosen beider Gifte, wie sie im vorletzten Versuch angewandt waren, vornahm, um nicht so lange Zeit künstliche Respiration unterhalten zu brauchen.

Das Kaninchen wird von einer Hautwunde

10 U. 35 M. mit 0,0008 Grm. Strychnin vergiftet.

10 U. 45 M. Krampfanfall. Es erhält 0,0015 Grm. Curare.

Der zweite Anfall, erst noch heftig, wird schon durch Curare geschwächt; zugleich Beeinträchtigung des Athmens.

10 U. 55 M. Athem aufgehört, künstliche Respiration eingeleitet. Es bleiben nun anfangs noch Reflexbewegungen, bald hören auch diese auf, und das Thier wird vollkommen gelähmt.

11 U. 20 M. Einzelne bald wieder verschwindende Zuckungen.

11 U. 35 M. Stärkere fortdauernde Zuckungen.

11 U. 40 M. Das Thier athmet;

11 U. 45 M. aufgerichtet, fällt es zuerst noch wieder auf die Seite; zum zweiten Male bleibt es sitzen.

11 U. 55 Min. auf die Erde gesetzt, geht es, putzt es sich und ist ganz munter. Die Röhre aus der Trachea herausgenommen.

Tod nach drei Tagen an theilweise brandig eitriger Zerstörung der Trachea in der Nähe der Wunde und einseitiger eitriger Lungenentzündung. — Dieser Sectionsbefund war sehr erklärlich, da die Glasröhre in der Trachea festgebunden gewesen. Weil schon vor der Vergiftung durch Bewegungen des Thieres die Röhre einmal aus der Trachea herausgefallen war, so stand zu befürchten, dass sie bei den zu erwartenden Krämpfen wieder herausfallen würde und dadurch leicht den Versuch vereiteln könnte; sie wurde deshalb auf jene Gefahr hin mit einem unter die Trachea durchgezogenen Faden in letzterer festgebunden.

Der hieher gehörige Controle-Versuch über die Wirksamkeit der angewandten Dosis Strychnin ist schon oben als „Versuch XII" angeführt.

Versuch XLIV.

Ein Hund von 7 Kilogr. Gewicht wird des Morgens

10 U. 30 M. mit 0,004 Grm. Strychnin vergiftet.

10 U. 30 M. ein sehr heftiger Krampfanfall, er erhält 0,02 Grm. Curare, ebenfalls in 5 Cub.-C. Wasser gelöst. Da der Krampfanfall sehr lange anhält, wird schon vor eingetretener Lähmung, indem das Athmen vollständig aufhörte, versucht

10 U. 32 M. Einblasungen zu machen, die aber erst nach überstandenem Krampf möglich werden.

10 U. 37 M. Der zweite Krampfanfall kommt nur noch spurweise zu Stande. Von jetzt an zuckt das Thier noch eine Zeit lang, ohne dadurch aber die künstliche Respiration zu beeinträchtigen.

10 U. 45 M. absolute Lähmung.

12 U. einzelne schwache Zuckungen, die aber bald wieder verschwinden und wieder der absoluten Lähmung Platz machen.

Nach $12^1/_2$ Uhr fängt der Hund allmälig an kalt zu werden, weshalb er in die Nähe des Ofens gebracht wird. — Die Augen sind vollkommen trocken und haben durch starke Epithelabstossung der Cornea allen Glanz verloren. Die Herzcontractionen bleiben immer ziemlich kräftig; ihre Intensität richtet sich aber nach Stärke und Zahl der Einblasungen.

Da unter solchen Umständen gar keine Lebenszeichen mehr zum Vorscheim kamen, eine Stunde nach der andern hinschlich, ohne dass sich irgend welche, höchstens ungünstige Aenderungen bei dem Thier zeigten, so war die Hoffnung auf einen glücklichen Ausgang allmälig äusserst schwach geworden. Endlich traten schwache Zuckungen

3 U. 55 M. ein. Anfangs erschienen die Zuckungen bloss auf Reizungen und dann auch nur, wenn dieselben in ziemlich langen Zwischenräumen geschahen; nach einiger Zeit zeigten sich die Zuckungen auch spontan. Da das Thier im Uebrigen noch wie todt da lag, schien an selbstständiges Athmen desselben noch gar nicht gedacht werden zu dürfen. Wurden die Einblasungen unterlassen, so machte der Hund durchaus keine Respirationsbewegungen; dennoch versuchte ich mit Glück ihn auf folgende Weise dahin zu bringen. Ich unterliess die Einblasungen, machte dafür aber sehr starke Exspirationen, indem ich die Luft über die Norm aus den Lungen heraussog und veranlasste so die letztere gleichsam ohne Zuthun des Thieres kleine Inspirationen zu machen. Nachdem ich dies eine kurze Zeit fortgesetzt, fing das Thier in der That $4^1/_4$ Uhr an selbstständig zu athmen.

Da die Respiration erst sehr schwach war und der Hund noch gar keine weitere Reaction zeigte, liess ich ihn noch etwa eine halbe Stunde an Ort und Stelle unberührt liegen, nur genau beobachtend, ob das Athmen auch wieder aufhörte. Etwa eine halbe Stunde später legte ich ihn in den Korb mit Heu und deckte ihn sorgfältig zu. Das Auge war jetzt noch vollkommen trocken und empfindungslos, die Zunge, fast eiskalt, hing zum Maule heraus. In diesem Zustand verliess ich ihn um 5 Uhr. Um 9 Uhr Abends war das Auge feucht, aber noch glanzlos; die Zunge im Maul aber noch sehr kalt. Der Hund konnte sich noch nicht einmal auf die vorderen Füsse stützen, um zu sitzen, nahm aber etwas Milch zu sich; er hustete einige Male. Am folgenden Morgen konnte der

Hund stehen und sehr wankend einige Schritte gehen. Husten stärker. Die Röhre aus der Trachea genommen.

Am dritten Tage war der Hund noch sehr apathisch und nicht von seinem Lager zu locken. Husten noch häufig.

Erst am vierten Tage fing der Hund an munter zu werden; der Husten nahm ab.

Am fünften Tage war der Hund, von den Wunden abgesehen, wieder hergestellt.

Auch dieser Hund wurde nach mehreren Wochen zu einem anderen nicht hieher gehörigen Versuch gebraucht.

Wiewohl mir bei diesen Versuchen, vorzüglich dem letzten, kräftige Unterstützung zu Theil geworden, so war doch die Mühe, bei Hunden so lange Zeit die künstliche Respiration durch Einblasen zu erhalten, zu gross, um noch wiederholt zu werden. Da ich aber noch gern einige Versuche dieser Art anstellen wollte, sann ich auf einen Mechanismus, der die Einblasungen vermittelst der Lunge ersetzen sollte und kam auf die Anwendung eines ziemlich grossen Blasebalgs, dessen Ausmündungsrohr mit der Röhre in der Trachea durch ein Leitungsrohr in Verbindung gesetzt wurde, in dessen Wand sich für die Exspirationsluft eine Seitenöffnung befand. Der Verschluss dieser Seitenöffnung bei der Inspiration resp. Einblasung sollte durch ein Ventil geschehen; da dieses aber schon im Anfang des Versuches seinen Dienst versagte, so musste der Verschluss durch den Finger hergestellt werden.

Versuch XLV.

Mit diesem Apparat wurde ein Versuch angestellt bei einem starken Kater. Derselbe wurde mit 0,002 Grm. Strychnin in 5 Cub.-C. Wasser und sogleich hinterher mit 0,006 Grm. Curare, ebenfalls in 5 Cub.-C. Wasser gelöst, vergiftet.

Die Anwendung dieses Apparats beruhte auf der Voraussetzung, dass bei hinlänglich grosser Seitenöffnung die Exspiration durch die Elasticität der Lunge geschehen würde. Diese Voraussetzung zeigte sich, als erst vollkommene Lähmung eingetreten war, durchaus unrichtig. Es erfolgte zwar ein Zusammensinken des Thorax resp. der Lunge, aber erst so langsam und erst in der Zeit, in welcher wenigstens zwei bis drei Ex- und Inspirationen zusammen hätten stattfinden müssen. Es musste daher die Exspiration durch Zusammendrücken des Thorax ausgeführt werden. Dennoch ging das Thier schon nach $^{3}/_{4}$ Stunden augenscheinlich an mangelhafter Respiration zu Grunde. War es nun auch zwar keine Frage, dass bei einiger Verbesserung sich mit diesem einfachen Apparat ein besseres

Resultat hätte erzielen lassen, so liess mich doch schon der der Umstand, dass bei demselben während des Versuchs mehrere Hände thätig sein mussten, überhaupt von einer weiteren Anwendung desselben absehen. Ich komme darauf zur Construction des folgenden Mechanismus. Neben einem einfachen Blasebalg wurde ein — kurz ausgedrückt — Saugebalg angebracht. Letzterer ist ein so modificirtes Blasebalg, dass er beim Einsaugen die Luft von vornher durch das Ansatzrohr ziehen muss, während beim Zusammendrücken desselben die Luft durch ein einfaches Klappenventil in der oberen Platte, wie es beim gewöhnlichen Blasebalg zum Einsaugen der Luft in der Bodenplatte angebracht, entweicht. Das Aus- resp. Einmündungsrohr beider Bälge wurde durch ein Y-förmiges Glasrohr und dieses mit einem Kautschukschlauch in Verbindung gebracht; letzteres wurde dann während des Versuchs mit dem freien Ende auf die in der Trachea steckende Röhre aufgesteckt. Das Aufziehen und Zusammendrücken der Bälge geschah gleichzeitig. Während des Aufziehens ging vermittelst des Saugebalgs die Exspiration, während des Zusammendrückens die Inspiration durch den Blasebalg vor sich. Mit diesem Apparat sind drei Versuche ausgeführt; zuerst bei der Katze, die mit Strychnin vergiftet und bei der dann die künstliche Respiration unterhalten wurde (s. Versuch XIX); dann bei dem — später zu nennenden — Versuch XLVIII; drittens bei dem gleich folgenden Versuch. Wenn nun zwar, wie unten gezeigt werden wird, der Apparat in dieser einfachen Form noch mehrere Fehlerquellen besass, so waren dieselben doch der Art, dass sie für die kurze Dauer der beiden mit demselben zuerst angestellten Versuche nicht in Betracht kommen.

Versuch XLVI.

Dieser Versuch sollte dazu dienen, zu beweisen, dass meine Behauptung in Betreff der Errettung von Strychnin-Vergiftung nicht bloss für kleine Dosen dieses Giftes gelte, sondern auch bei einer starken Vergiftung richtig sei. Leider dachte ich gar nicht daran, mit dem Strychnin auch die Quantität Curare zu vergrössern.

Ein Hund von 8,2 Kilogr. Gew. wird von einer Hautwunde aus des Morgens

10 U. 45 M. mit 0,01 Grm. Strychnin vergiftet.

10 U. 55 M. ein heftiger Krampfanfall; der Hund erhält in eine Hautwunde 0,02 Grm. Curare. Statt des zweiten Krampfanfalls treten nur heftige Zuckungen auf, doch hört

11 U. das Athmen vollständig auf; künstliche Respiration

eingeleitet. Da die Zuckungen sehr heftig sind und nicht an Stärke abnehmen, erhält der Hund

11 U. 12 M., dann 11 U. 23 M., dann 11 U. 32 M. und 11 U. 42 M. jedes Mal wieder 0,02 Grm. Curare in dieselbe Wunde, ohne dass die Zuckungen abnehmen.

11 U. 49 M. erhält er abermals, dies Mal aber in eine frische Wunde, 0,02 Grm. Curare. Auch jetzt schien der Zustand sich noch nicht bessern zu wollen, und wurde schon wieder eine neue Dosis hergerichtet, als mit einem Male

11 U. 59 M. allgemeine Lähmung eintrat. Hatte der Kampf lange gedauert, so schien der Sieg des Curare nun desto vollständiger. Profus strömte das Blut aus den bis dahin vollkommen trockenen Wunden. Von den oberflächlichen Hautwunden floss es am Leibe herunter; aus der Wunde am Halse, aus der bei der Operation kein Tropfen Blut geflossen, war die Blutung so stark, als wenn ein arterielles Gefäss gesprungen, und gelang es erst nach einiger Zeit, dieselbe durch Schwämme mit Eisenchloridlösung zu stillen. Die Blutung musste an dieser Stelle gestillt werden, weil sonst leicht Blut in die Trachealöffnung hätte dringen können. Der Speichel rann in einem Strom aus dem Maule; das Auge schwamm in Thränen. Auch bei anderen Versuchsthieren zeigten sich zwar beim Eintritt der Lähmung die letzterwähnten Erscheinungen, aber nicht so plötzlich und nicht so stark. Der Hund lag nun bis

1 U. regungslos da, zuckte dann einige Male, um von jetzt an bis

10 U. 30 M. Abends absolut kein Lebenszeichen von sich zu geben. Die Speichel- und Thränensecretion, wie auch die Blutungen hatten nach einiger Zeit ihres Auftretens aufgehört; die Augen waren wie bei dem Hund in Versuch XLIV allmälig gang trocken und glanzlos geworden. Die Wunden nahmen gegen Abend einen fötiden Geruch an. Das in anderen Versuchen ziemlich früh auftretende Kaltwerden des Versuchsthieres war in diesem Fall weniger auffallend.

10 U. 30 M. zeigen sich auf Reize schwache Zuckungen, die aber nur dann auftreten, wenn die Reizversuche in verhältnissmässig langen Zwischenräumen angestellt werden. Am sichersten erzielt man sie durch einen kleinen Schlag an einen Kopfknochen. Anfangs erscheinen sie nur in den Vorderbeinen, nach einiger Zeit auch in den Hinterbeinen. Sie bleiben lange sehr schwach und verschwinden oft auch noch für kurze Zeit. Erst

12 U. Nachts werden sie stärker, erscheinen auf jeden Reiz und bald auch spontan.

12 U. 15 M. $13^{1}/_{4}$ Stunden, nachdem die Respiration aufgehört, gelingt es durch Versuche, wie sie beim vorigen Hund angestellt, das Thier zum selbstständigen Athmen zu bringen.

Froh über den errungenen Sieg und zugleich bis zum Aeussersten ermüdet, sah man gern von jetzt an den Gang der Dinge ein Wenig beschleunigt.

12 U. 30 M. wird die Röhre aus der Trachea genommen und dadurch sofort, ohne dass das Thier Erstickungsnoth zeigt, die Respiration wieder aufgehoben. Mit grosser Mühe wird dann von einem der Anwesenden eine kleine Röhre — die herausgenommene wäre nur sehr schwer wieder einzuführen gewesen — wieder in die Trachea gebracht, während Andere durch directes Einblasen in das Maul und Zusammendrücken der Thorax wieder künstliche Respiration einleiten. Als die kleine Röhre in die Trachea eingeführt, werden durch diese die Einblasungen gemacht. Es dauert nun noch wieder bis

1 U. 5 M., dass der Hund wieder anfängt selbst zu respiriren. Das Maul, die Nase, der Schlund und Kehlkopf, in denen sich viel übelriechender Schleim befindet, werden mit einer Federfahne gereinigt, ohne dass der Hund im Geringsten darauf reagirt.

1 U. 35 M. wird die kleine Röhre aus der Trachea wieder herausgenommen. Um das Verschliessen des Mauls und das Zurückfallen der Zunge, wodurch leicht die Respiration wieder unterbrochen werden könnte, zu verhüten, wird dem Thier ein dicker Kork ins Maul gesteckt. In diesem Zustand wird der Hund, nachdem er zuvor in den Korb mit Heu und mit diesem in die Nähe eines geheizten Ofens gebracht, um

2 U. 15 M. des Nachts sich selbst überlassen.

Um 7 Uhr ist der Hund aufgestanden und einige Zeit umhergegangen, er hat mehrfach heftig gehustet und sich ein Mal erbrochen. 9 Uhr die brandig aussehenden Wunden verbunden; aus dem Korb gesetzt, geht der Hund einige Schritte, legt sich aber bald wieder. 3 U. Nachmittags ist der Hund an einem Hustenanfall gestorben.

Section: Lungentzündung — der untere Lappen der rechten Lunge theilweise hepatisirt; der obere und mittlere Lappen wie die linke Lunge sehr hyperämisch.

Der Tod dieses Thieres rührt höchst wahrscheinlich von

zu heftigem, oft sogar zeitweilig stossweise erfolgtem Aufblasen und Aussaugen der Lunge her. Zu diesem Verfahren wurde man leicht dadurch verleitet, dass man wohl mit Recht glaubte, bei langsamem Zusammendrücken und Aufziehen der Bälge fände ein directer Austausch zwischen der Luft in beiden Statt, ohne dass dieselbe erst in die Lunge dringe resp. aus derselben herkäme. Ausserdem mochte Staub in die Lunge gelangt sein. Um beiden Uebelständen, dem zu heftigen Einpressen der Luft in die Lunge und dem Eindringen schädlicher Substanzen in dieselbe abzuhelfen, wie auch um den grossen Kraftaufwand, den die Leitung des Apparates bis jetzt gekostet, entbehrlich zu machen, mussten noch mehrere Verbesserungen an demselben vorgenommen werden.

Zum näheren Verständniss des Apparates in seiner jetzigen Form muss ich auf die beiliegende Abbildung desselben nebst Erklärung verweisen.

Im Allgemeinen ist er jetzt folgendermassen eingerichtet. Beide Bälge sind durch eine doppelte Gelenkverbindung mit einer Kurbel in Verbindung gesetzt, durch deren gleichmässige Umdrehung, die sehr bequem ausführbar, die Bälge regelmässig ausgezogen und zusammengedrückt werden. Um Schädlichkeiten der Atmosphäre fern zu halten, ist an der Mündung des Blasebalgs, durch die derselbe frische Luft einsaugt, ein Rohr angebracht, welches mit einem Apparat aus Blech, in dem die Luft durch Flanell durchgesogen, gleichsam filtrirt wird, in Verbindung gesetzt werden kann. Letzterer Apparat hat ausserdem einen doppelten Boden, in dessen Zwischenraum sich Sand befindet, und kann derselbe so, indem er von unten erwärmt wird, zu gleicher Zeit nöthigen Falls zur Erwärmung der Inspirationsluft gebraucht werden. Durch ein Doppelventil, welches vor den Oeffnungen der Röhren der Bälge, wo dieselben zusammenmünden, angebracht ist, wird eine Communication der In- und Exspirationsluft abgeschnitten. Die Bewegung dieses Ventils geschieht durch den Blasebalg. Von der inneren Seite der oberen Platte desselben führt zu der ihm angehörigen Klappe des Ventils eine starke Uhrfeder; wird nun der Blasebalg aufgezogen, so verschliesst dieselbe sein Ausmündungsrohr und öffnet das Rohr des Saugebalgs. Damit das Oeffnen und Schliessen beider Röhre durch das Ventil zur rechten Zeit geschieht, ist der Blasebalg so mit der Kurbel verbunden, dass er bei der Umdrehung derselben ein wenig eher ausgezogen resp. zusammengedrückt wird, wie der Saugebalg. Durch diese Einrichtung wird zugleich bei gleichmässigen Umdrehungen der Kurbel die natürliche Re-

spiration in Beziehung auf die Dauer der einzelnen Acte derselben noch mehr nachgeahmt.

Ich habe diesen Apparat bei diesen Strychnin-Pfeilgift-Experimenten vier Mal angewandt; ausserdem hat derselbe sich in mehreren anderen Versuchen, in denen ich bei anderen Giften die Wirkung der künstlichen Respiration erprobte, vortrefflich bewährt. Bei den Thieren, die durch die künstliche Respiration zum Leben zurückgeführt wurden — was von der specifischen Wirkung der betreffenden Gifte abhängig — zeigte sich, wenn nicht wie beim Alkohol die specifische Wirkung des Giftes noch weiter fortdauerte, sehr bald nach zurückgekehrter Respiration keine Spur mehr von gestörtem Wohlsein. Das Stadium der Reconvalescenz, welches sich sonst nicht selten über mehrere Tage erstreckte und einmal sogar mit dem Tode des Thieres endete, dauerte in den Versuchen, die mit diesem Apparat angestellt wurden, in der Regel eine Viertelstunde. Husten zeigte sich kein einziges Mal bei diesen Versuchsthieren. Da auch die Körpertemperatur des Thieres in diesen Versuchen — der längste dauerte 3 Stunden — stets die normale blieb, so ist eine erwärmte Respirationsluft noch nicht angewandt. Von den vier hieher gehörigen Versuchen, in denen dieser Apparat angewandt wurde, war der erste der gleich folgende Versuch, der zweite der später zu nennende Versuch XLIX, die beiden anderen die Versuche, in denen den Hunden eine Strychninlösung in die Vene injicirt und bei denen dann künstliche Respiration unterhalten wurde (Versuche XVII und XVIII).

Versuch XLVII.

Dieser Versuch wurde angestellt, um ein Mal den Apparat zu probiren und dann die beim vorigen Versuch ausgesprochene Behauptung mit — so liess sich von vornherein erwarten — besserem Erfolg, als dort geschehen, zu beweisen. Es wäre ja denkbar, dass Jemand den wenn auch erst am folgenden Tage eingetretenen Tod des vorhin genannten Versuchsthiers noch auf Rechnung der Wirkung des Strychnins schreiben wollte. Dass dieser Versuch nicht so lange gedauert, wie der vorige, kam einfach daher, dass nicht so viel Curare angewandt wurde. Ich hatte dies nicht nöthig, weil ich gleich im Anfang mehr auf einmal anwandte. Im Uebrigen kann man sich anheischig machen, mit diesem Apparat bei einem mit Curare vergifteten Hunde 13 Stunden, wie es im vorigen Versuche geschehen, oder auch 24 Stunden, und zwar ohne nennenswerthen Nachtheil für den Hund, die künstliche Re-

spiration zu unterhalten und denselben zum Leben zurückzuführen.

Ein Hund von 11 Kilogr. Gewicht, derselbe, der nachher zu den Versuchen XIV und XV diente, wird, nachdem die Tracheotomie an ihm gemacht,

3 U. 30 M. mit 0,01 Grm. Strychnin in 5 Cub.-C. Wasser von einer Hautwunde aus vergiftet.

3 U. 40 M. beim ersten Krampfanfall erhält er in eine frische Wunde 0,06 Grm. Curare in 5 Cub.-C. Wasser gelöst, nachdem schon vorher die Respiration aufgehört und künstliche Respiration eingeleitet, tritt

3 U. 50 M. absolute Lähmung ein, begleitet von Blutungen aus den Wunden, Thränenfluss und massenhafter Speichelabsonderung. Der Hund liegt nun vollkommen reactionslos da, bis er

6 U. 30 M. anfängt zu zucken und Reflexbewegungen zu machen. Die Zuckungen werden sehr bald kräftig, und schon

6 U. 34 M. fängt das Thier an zu athmen. Während es nun in früheren Versuchen meist noch ziemlich lange Zeit dauerte, bis das Versuchsthier, wenn es wieder angefangen zu athmen, weitere Lebenszeichen von sich gab, erhebt dieser Hund schon

6 U. 37 M. den Kopf und richtet sich gleich nachher auf; und nimmt

6 U. 42 M. begierig Milch und Wurst. Dann wird er zwar in den Korb mit Heu gebracht, springt aber sofort aus demselben wieder heraus und zeigt sich ebenso munter wie vor dem Versuch. Etwa eine Stunde später wird die Röhre aus der Trachea genommen. Dies war derselbe Hund, der später an 0,0018 Grm. Strychnin zu Grunde ging.

Was die Quantität des anzuwendenden Curare betrifft, so habe ich noch folgende zwei Versuche zu nennen, die beweisen, dass für einen glücklichen Ausgang grosse, vollkommen lähmende Dosen Pfeilgift erforderlich sind; zugleich wird durch dieselben die Behauptung Vella's*), dass das Curare einfach als Antidot gegen Strychnin wirke, meiner Meinung nach gründlich widerlegt.

Versuch XLVIII.

Ein Hund von 8,8 Kilogr. Gewicht wird, nachdem er vorher tracheotomirt,

*) l. c.

11 U. mit 0,004 Grm. Strychnin von einer Wunde aus vergiftet. Sobald sich Krämpfe zeigten, wurde demselben in die vorher präparirte Cruralvene so viel von einer Curarelösung (0,01 Curare in 75 Cub.-C. Wasser gelöst) injicirt, dass er aufhörte zu athmen, worauf dann die künstliche Respiration eingeleitet wurde. Durch diese Dosis Curare waren neben der Respiration zwar auch die eigentlichen Krampfanfälle aufgehoben, aber keineswegs eine vollständige Lähmung erzielt. Das Thier zeigte noch eine bedeutend erhöhte Reflexreizbarkeit und lag fortwährend in mehr oder minder heftigen Zuckungen. Wenn die Zuckungen stärker wurden und das Thier anfangen wollte zu respiriren, wurde wieder ein Wenig von der Lösung injicirt. So dauerte der Zustand fort, bis sich von
12 U. 30 M. an immer mehr eine vollständige Lähmung geltend machte und es schien, als würde das Curare selbst in diesen kleinen Dosen das Strychnin doch endlich beschwichtigen und die für die Erhaltung des Lebens nothwendige Totallähmung herbeiführen; es trat der Tod ein; um
12 U. 35 M. stand das Herz still.

Versuch XLIX.

Die Anstellung des zweiten Versuchs dieser Art geschah unabsichtlich. An dem Versuchsthier, einem Hund von 12,5 Kilogr. Gewicht, demselben, der zu Versuch VI und XI lange Zeit vorher gedient, sollte der Versuch XLVII wiederholt werden. Schon vor dem Versuch merkte ich, dass ich mich bei der Abwägung des Pfeilgiftes verrechnet und statt 0,055 Grm., die ich nehmen wollte, nur 0,02 Grm. Curare genommen hatte. Nachträglich noch weiteres Curare herzurichten, war zufällig nicht möglich.

Der Hund erhielt 0,01 Grm. Strychnin in 5 Cub.-C. Wasser in eine Hautwunde. Als der erste Krampf aufgetreten war, wurden ihm die 0,02 Grm. Curare ebenfalls in 5 Cub.-C. Wasser in eine andere Hautwunde gebracht. Das Athmen hörte dann bald auf und wurde die künstliche Respiration eingeleitet. Der Verlauf war im Ganzen derselbe wie im vorigen Versuch, nur erreichten die Zuckungen, ehe der Tod eintrat, einige Zeit vorher eine grössere Heftigkeit. Der Tod erfolgte 1 Stunde 20 Min. nach der Vergiftung mit Strychnin.

Durch diese letzten Versuche sowohl — als negative — wie durch die vorhergehenden — als positive Beweise — glaube ich, ist hinlänglich bewiesen, dass die Beseitigung der Strychnin-Vergiftung durch Pfeilgift nur auf die Weise und

dann mit aller Bestimmtheit ausführbar ist, wenn grosse vollkommen lähmende Dosen Pfeilgift angewandt und zugleich künstliche Respiration unterhalten wird.

Wenn ich von diesen an Thieren gemachten Beobachtungen einen Schluss ziehen darf, was für einen Erfolg das von mir angegebene Heilverfahren beim Menschen bei Strychnin-Intoxication haben würde, so glaube ich zuversichtlich auch den Menschen sicher vom Strychnin-Tode durch dasselbe retten zu können, um so mehr, als bei den Thieren, die mir zu den Versuchen dienten, das Strychnin bekanntlich verhältnissmässig viel heftiger und rascher wirkt. Was den Zeitverlust betrifft, den das Einleiten dieses Heilverfahrens einer etwaigen anderen Art von Behandlung gegenüber kostet, so wird dasselbe vollständig durch das rasche — wenn injicirt, momentane — Auftreten der Wirkung des Pfeilgiftes ausgeglichen. Uebrigens verfliesst bei Menschen nach Strychnin-Intoxication, wie meines Wissens alle bekannt gewordenen Fälle zeigen, noch ziemlich viel Zeit, ehe die Vergiftungs-Symptome auftreten, und einmal aufgetreten, dauern dieselben in der Regel noch lange, ehe der tödtliche Ausgang eintritt*). Was die Härte betrifft, die dieses Heilverfahren unleugbar hat, so glaube ich, wird dieselbe allein schon durch die furchtbaren Leiden, die eine Strychnin-Vergiftung verursacht, ziemlich in den Hintergrund gedrängt. Ich würde keinen Anstand nehmen, in einem Fall, in dem es sich um Vergiftung mit einer entschieden tödtlichen Dosis Strychnin handelt, dieses Verfahren gleich von Anfang an einzuschlagen, und zwar würde ich, um die Dauer der Wirkung des Curare mehr in der Hand zu haben, dieses Gift auf dem Wege der Injection in eine Vene beibringen. Wenn dann das Curare zerstört und noch wieder Strychnin-Wirkung zum Vorschein käme, so müsste jedes Mal wieder ein wenig Curare injicirt werden, bis mit der Oxydation dieses Giftes auch das Strychnin zerstört oder eliminirt wäre. Diese Elimination oder Zerstörung des Strychnins würde jeden Falls, nach meinen Versuchen überhaupt, vorzüglich aber nach Versuch XIV, XV und XLVII zu schliessen, überraschend schnell erfolgen; bei eben demselben Hund verursachten 0,0018 Grm. Strychnin noch nach Verlauf von $2^1/_2$ Stunden einen Krampfanfall, der den Tod des Thieres zur Folge hatte, und 0,0012 Grm. hatten einige Tage vorher hingereicht, für $3^1/_2$ Stunden mehr

*) Buchner's Toxicol. 1827. Henke's Zeitschr. f. gerichtl. Medicin. I. Bd. 3. Heft. Hufeland's Journ. IV. Bd. A. Taylor on poisoning by strychnia with comments etc. given at the trial of Will. Palmer u. A.

oder minder heftige Krämpfe und noch viel längere Zeit eine bedeutende Störung des Wohlbefindens hervorzurufen, während acht Tage vorher bei demselben durch das von mir angewandte Heilverfahren 0,01 Grm. Strychnin in $2^1/_2$ Stunden ohne Nachtheil für ihn zerstört oder aus seinem Körper ausgeschieden war.

Was nun schliesslich die Bedeutung des Pfeilgifts gegen Tetanus, der nicht durch Strychnin-Vergiftung verursacht, betrifft, so sind darüber, wie oben erwähnt, bei sieben Patienten Versuche angestellt, von denen zwei genasen, fünf starben. Von den letzteren, bei denen das Curare nach Aussage der Autoren gar nicht gewirkt und die ich daher übergehen kann, will ich nur bemerken, dass das Pfeilgift bei ihnen, als man sah, dass es nicht wirkte, nicht etwa nach kurzer Zeit wieder ausgesetzt, sondern bis nahe zum tödtlichen Ausgang in steigenden und rascher sich folgenden Dosen angewandt wurde; und dass in diesen Fällen, sowohl was die ganze Quantität, wie die einzelnen Dosen betrifft, mehr Curare angewandt wurde, als in den beiden glücklich verlaufenden Fällen. Ausserdem geschah die Anwendung der einzelnen Dosen in kürzeren Intervallen und wurden dieselben jedes Mal an einer frischen Applicationsstelle (meist durch subcutane Injection) beigebracht. In den beiden Fällen von Tetanus traumaticus, in denen das Curare gewirkt, resp. den Tetanus geheilt haben soll, wurde dasselbe bei dem Vella'schen Patienten die drei ersten Tage auf die ursprüngliche Wunde, dann bis zum achten Tage in eine Vesicatorwunde und von da an weiter in eine zweite Vesicatorwunde gebracht. Bei dem Chassaignac'schen Kranken geschah die etwa 16 Stunden lang dauernde Application stets in die anfängliche Wunde, ausserdem aber auch noch innerlich. Da nun das Pfeilgift innerlich erst in verhältnissmässig sehr grossen Gaben wirkt und im letzten Fall die Dosen für den innerlichen Gebrauch kleiner waren als die durch die Wunde beigebrachten, so wird wohl Niemand der Ansicht sein, dass die bei diesem Patienten innerlich gegebene Curaresolution, ausser dass sie vielleicht seinen Appetit etwas vermehrt*) haben mag, überhaupt gewirkt habe. Die äusserliche Anwendung geschah bei dem Vella'schen Kranken vier Tage lang dreistündlich, dann fünfstündlich und vom zwölften Tage an drei bis zwei Mal in 24 Stunden; Chassaignac verordnete bei seinem Patienten auch für diese

*) Die Indianer sollen das Pfeilgift als Stomachicum gebrauchen nach v. Humboldt.

Art der Application zweistündliche Anwendung. Wegen dieser grossen Intervalle zwischen der Anwendung der einzelnen Dosen kommt bloss die Wirkung jeder einzelnen Dosis für sich in Betracht, da, wie wir bei den Thierversuchen gesehen, selbst absolut lähmende Dosen schon innerhalb einer Stunde vollkommen durch die Respiration zerstört wurden. Da das Curare fast nur in ganz frischen Wunden zur Aufsaugung kommt, so ist es schon bei den Vella'schen Patienten sehr zweifelhaft, ob das Pfeilgift überhaupt resorbirt sei. Die (Schuss-) Wunde, in die das Pfeilgift zuerst applicirt wurde, war schon 14 Tage alt, als das Medicament zum ersten Male angewandt wurde; dennoch soll das Gift drei Tage lang durch dieselbe gut aufgesogen sein. Dann wurden jedes Mal wenigstens vier Tage lang dieselben Vesicatorwunden benutzt; auch diese sollen stets für die Zeit trotz baldigen Vernarbens — „leur cicatrisation marcha très-vite“ — die Resorption gut besorgt haben. Die bei dem Chassaignac'schen Kranken benutzte Wunde wird durch folgende Worte Velpeau's genügend charakterisirt, um es vollkommen unmöglich erscheinen zu lassen, dass durch dieselbe Curare hätte aufgesogen werden können. „Chez le malade de M. Chassaignac, le curare, à faible dose, et par l'estomac et par la plaie, a-t-il été absorbé? L'exsudation du fond de la blessure et la couche pyogénique préexistante n'ont-elles pas empêché toute pénétration du médicament de ce côté*)?“ — — „Sur la plaie, qui était petite, au dix-neuvième jour et gangréneuse, rien ne prouve qu'il ait été absorbé**).“ — In dem Vella'schen Falle ist es auffallend, dass, je nachdem eine frische oder schon ältere Wunde zur Application benutzt wurde, von keinem besseren resp. schlechteren Erfolg der Wirkung des Giftes im Verlauf der Krankheit die Rede ist. Im Gegentheil sagt er ausdrücklich: „Je dirai ... que le curare, qui pendant les premiers huit jours parvenait constamment à eloigner les accès, en en diminuant progressivement l'intensité, a fini par les faire disparaître entièrement***)“. Bei dem Chassaignac'schen Kranken schritt auch die Besserung ohne Unterbrechung vorwärts — „Les progrès n'ont pas cessé depuis un seul instant†)“. Wie lange im Ganzen das Mittel in beiden Fällen gebraucht wurde, ist aus den Berichten nur ungefähr zu ersehen; bei dem Vella-schen Kranken über 12 Tage, bei dem Chassaignac'schen

*) Compt. rend. 1859. II. p. 821.
**) A. a. O. S. 506.
***) A. a. O. S. 332.
†) A. a. O. S. 505.

etwa 16 Stunden. Der Vella'sche Patient war am 37. Tage nach Anfang der Curarecur genesen; Chassaignac wandte das Curare nach dem 19. September bei seinem Kranken an und in der Sitzung am 10. October sagt der Berichterstatter von diesem Fall (Serres): „depuis bien des jours le mal marche vers sa terminaison*)."

Wenn wir nun auch trotz der für die Resorption so ungeeigneten Wunden annehmen, dass das Pfeilgift ausnahmsweise in diesen beiden Fällen durch dieselben aufgesogen worden sei und — was eben so unwahrscheinlich ist — ferner annehmen, dass es in, der Wirkung nach, so kleinen Dosen zur Wirkung gelangt und dass seine Wirkung trotzdem zwei, fünf, ja zwölf Stunden angehalten habe, so hätte man doch erwarten sollen, dass sich nach diesem, nur Lähmung bewirkenden Mittel bei den betreffenden Patienten grössere oder geringere Lähmungserscheinungen gezeigt hätten! — Auch in diesem Punkt machen Vella und Chassaignac resp. ihre Tetanuskranken eine Ausnahme; von einer lähmenden Wirkung des Curare ist keine Rede. Serres**) bezeichnet bei dem Chassaignac'schen Kranken die erste Wirkung: „Le malade put plier les bras" etc. Vella***): „Que le malade pouvait immédiatement boire, prendre quelques soupes, uriner, s'asseoir sur son lit" etc. — Diese dreifache Unwahrscheinlichkeit, der Aufsaugung, der Dauer der Wirkung und der Wirkungsweise gilt neben den fünf Fällen, wo nach Angabe der Autoren selbst das Pfeilgift durchaus nicht gewirkt hat, meiner Meinung nach statt eines Beweises, dass auch bei diesen Patienten das Curare nicht zur Wirkung gelangt ist. Beiläufig will ich hier noch erwähnen, das Velpeau sogar die beiden genannten Krankheiten jener Patienten als Tetanus in Zweifel zieht. Zu dem Vella'schen Fall†) sagt er: „Ce tétanos qui etc. — m'inspire, je l'avoue, quelque défiance!"; zu dem Chassaignac'schen††) Fall: „D'abord le tétanos, quoique traumatique, n'a point eu, dès le début ni dans la suite, les caractères du tétanos franchement aigu, ni complet."

Wenn das Pfeilgift bei Tetanus-Patienten zur Wirkung käme, so würde es ohne Zweifel auch hier wie im gesunden Organismus seine Wirkung nur durch grössere oder geringere Lähmungserscheinungen kundgeben und würde höchst wahr-

*) A. a. O. S. 505.
**) A. a. O. S. 331.
***) A. a. O. S. 505.
†) A. a. O. S. 333.
††) A. a. O. S. 506.

scheinlich eben so wenig im Stande sein, die Folgen des Tetanus aufzuheben, wie die tödtlichen Wirkungen einer Strychnin-Vergiftung zu beseitigen. Dagegen glaube ich aber, dass sich auch hier durch grosse, lähmende Dosen Curare und Unterhaltung künstlicher Respiration ein günstiger Ausgang erzielen liesse.

Erklärung der Tafel.

Figur I. Der Respirations-Apparat.
- A. Derselbe im Zusammenhang.
  - a. Saugebalg.
  - b. Blasebalg.
  - c. Ausmündungs-Ventil desselben.
- B. Verticaler Median-Durchschnitt des Blasebalgs.
  - a. Verbindungsrohr desselben mit dem Erwärmungs-Apparat II.
  - b. Die das Ventil regulirende Feder.
  - c. Eine kleine Rolle am Boden des Blasebalgs, unter welcher die Feder verläuft.
- C. Durchschnitt der beiden Röhren beider Bälge an ihrer Vereinigungsstelle.
  - a. Ventil.
  - b. Die zur Decke des Blasebalgs führende Feder.

Figur II. Apparat zur Erwärmung der Inspirations-Luft.
- a. Verbindungsrohr mit dem Blasebalg.
- b. Thermometer.
- c. Zuleitungsröhre für die äussere Luft.
- d. Der durch eine punktirte Linie angedeutete innere Boden, oberhalb dessen sich Flanell und unterhalb dessen sich Sand im Apparat befindet.

Beitrag zur Anatomie der Retinastäbchen.

Von

Dr. Schiess in Basel.

(Hierzu Tafel V.)

Seitdem Ritter (Archiv f. O. V. 2. S. 101 ff.) die Entdeckung gemacht, dass die früher für einfach gehaltenen Stäbchen keine homogenen Gebilde seien, sind über diese Frage verschiedene Beiträge deutscher Forscher erschienen. Zuerst bestätigte Manz (diese Zeitschrift Serie III. Bd. X. Heft 3. S. 301) im Wentlichen die Ritter'sche Entdeckung, während W. Krause (d. Zeitschr. S. III. Bd. XI. S. 175) auch in den Stäbchen der menschlichen Retina einen centralen Faden, analog dem von Ritter im Froschauge nachgewiesenen, auffand. Dagegen glaubt Braun (Sitzungsbericht der kais. Akademie der Wissenschaften Bd. XLII. 15), der Ritter'sche Faden sei nur ein Riss in der geronnenen Substanz des Stäbchens, also kein solides Gebilde.

Angesichts solcher verschiedener Ansichten möchte die Veröffentlichung einiger einschlägigen Beobachtungen, wobei der bis jetzt mehr en passant behandelte Stäbcheninhalt auch einige nähere Bezugnahme erfahren wird, berechtigt sein.

Um zuerst einige Vorbemerkungen zu machen, glaube ich mit Ritter, dass eine möglichst vielseitige Untersuchung dieser zarten Gebilde unter Einwirkung verschieden concentrirter Reagentien und nach verschiedenen Einwirkungszeiten allein im Stande ist, ein definitives Urtheil zu erlauben. Es sind der zufälligen Vorkommnisse so viele, dass es einige Zeit braucht, Wesentliches und Ursprüngliches von Kunstgebilden zu scheiden, doch scheint es mir keineswegs un-

möglich, zwischen besagten Kategorien eine ganz scharfe Grenze zu ziehen.

Nachdem die Ritter'sche Entdeckung bekannt geworden, hatte ich eine Zeit lang Froschaugenhäute untersucht und war zu ähnlichen Resultaten wie Ritter gelangt, und erst die neuen Arbeiten von Krause und besonders Braun veranlassten mich, die Sache nochmals aufzunehmen und ich gebe daher auch im Folgenden zuerst meine Resultate, wie ich sie für mich schon im October 1860 zusammengefasst, mit einigen ergänzenden Beobachtungen und werde dann noch etwas näher auf auffällige Differenzen mit Seithererschienenem zurückkommen.

Die untersuchten Augen hatten alle längere oder kürzere Zeit in Lösungen von chromsaurem Kali gelegen; sehr hübsche Bilder erhielt ich auch dadurch, dass ich nach Herausnahme aus der Lösung die Theile noch einige Zeit lang in Holzessig legte. Je concentrirter die angewandten Lösungen und je länger sie applicirt werden, desto brüchiger werden im Allgemeinen die Theile. Ein- bis zweitägiges Liegen in Chromsäurelösung genügt vollkommen, um den hinreichenden Grad von Festigkeit für die nothwendige Präparation zu gewähren und in Glycerin lassen sich dann die Präparate hinlängliche Zeit unverändert erhalten. Es ist so verstanden, dass die Augen, nachdem sie exstirpirt sind, unverletzt in eine weingelbe Lösung von chromsaurem Kali gelegt und darin zwei Tage gelassen werden. Nachher werden sie geöffnet und in Glycerin gebracht. Oeffnet man den Bulbus gleich anfangs, so muss man jedenfalls äusserst schwache Lösungen anwenden; bei gewöhnlichen Lösungen sind die Gebilde nach ein bis zwei Tagen so sehr geschrumpft und verzerrt, dass sich nichts Ordentliches mehr damit beginnen lässt. — Besonders für das Studium des Marks ist eine stärkere Concentration des Reagens sehr hemmend, indem es dabei sehr rasch und ungleichmässig sich zusammenzieht, entweder in Scheiben oder in Krümel zerfällt; auch die Risse in den Stäbchenhüllen werden viel häufiger auftreten, dagegen die Isolirung des centralen Fadens häufiger vorkommen.

Wenn man seine Aufmerksamkeit zunächst der Stäbchenhülle zuwendet, so kann man hier aus gleichen Objecten sehr verschiedene Metamorphosen gewahren. Eine grosse Anzahl von Stäbchen erscheint vollständig unverändert mit leicht gelblicher Färbung und wachsartigem Glanze, ein sehr lang gezogenes Rechteck bildend. Neben den geraden Formen finden sich andere, halbkreisförmige, schlangenlinige Gebilde, wie

sie schon längst auch beim Menschen gekannt und beschrieben sind. Fig. 1.

Bald ist das Stäbchen noch in Verbindung mit seinem Korn oder aber es schwimmt in der Flüssigkeit frei herum, so dass abwechselnd seine verschiedenen Seiten sich präsentiren. Daneben finden sich andere Formen, wo das eine Ende anfängt, kolbig anzuschwellen, bald nur nach einer Seite, so dass ein Grenzcontour gerade bleibt oder aber es geht an seinem choroidalen Ende in eine mehr oder weniger gleichförmige Blase über, wie sie Ritter und Manz beschreiben (Fig. 2). Der unveränderte Theil der Stäbchenhülle erscheint dann als Blasenstiel, der mit wechselnder Grösse der Blase abnimmt und sich zuweilen auch sehr bedeutend verdünnt. Andere Male tritt auch eine gewisse Runzelung der Stäbchen auf, die mit einer Granulirung ihres Inhaltes verbunden ist, wie sie Ritter beschrieben. Es findet sich dies häufiger in solchen Präparaten, auf die Chromsäure intensiver eingewirkt hat.

Je mehr diese Aufblähung des inneren Endes der Stäbchenhülle fortschreitet, desto leichter findet ein Bersten der Blase statt (Fig. 2). Man sieht dann eine Unmasse der verschiedensten Gestaltungen solcher Rudera von blasigen Stäbchenhüllen unter dem Deckglas, isolirt oder noch in Verbindung mit dem nachher zu beschreibenden Inhalt umherschwimmen. Besonders der äussere Theil der Blase scheint sich leicht abzutrennen und zu zerspalten. Dass durch die angedeutete blasenförmige Breitenausdehnung der Längendiameter ein geringer wird, begreift sich leicht; er kann bis auf die Hälfte schwinden.

Am inneren Ende der Stäbchenhülle, habe sie nun noch die ursprüngliche Stäbchenform oder sei sie zur Blase mit Stiel umgewandelt, findet sich in den meisten Fällen ein Fortsatz, der dem ausgepressten oder ausgeflossenen Inhalt des Stäbchens entspricht. Bald ist es ein runder, stark glänzender Tropfen von verschiedener Grösse, vollständig vom Aussehen des Nervenmarkes (Fig. 3), oder aber eine blassere, schwach granulirte Substanz, lanzettförmig aus der Röhre der Stäbchenhülle hervorschauend mit verschieden lang ausgezogener Spitze (Fig. 5 u. 6). Ich denke mir, dass die Längenverminderung der Hülle an und für sich schon das Mark nach aussen zu treiben vermag; jene besonders grossen Tropfen an der Spitze einzelner Blasen würden darauf deuten (Fig. 4).

Ich finde jedoch das Herumfliessen eines solchen öligen Tropfens weniger häufig als das Auftreten jenes schon erwähnten blasseren, granulirten Appendix, den ich ich für das

ausgetretene Stäbchenmark halte, in dessen Mitte normaler Weise der centrale Ritter'sche Faden verläuft. Die Formen dieses blasseren Appendix sind sehr variable; ich will versuchen, sie unter einige allgemeinere Gesichtspunkte zu bringen. — Entweder geht der Contour der Hülle gleichmässig fort und nur die schwache Granulirung und der mangelnde Glanz lässt die Demarcation erkennen (Fig. 6), oder er schwillt nach seinem Austritt aus der Hülle etwas an, um sich später zu verjüngern oder aber er geht ziemlich schnell in einen einfachen Faden über (Fig. 8). Es scheint mir das darnach sich zu richten, ob die Cohäsion zwischen Mark und Stäbchenkorn sammt centralem Faden, oder diejenige zwischen Mark und Hülle grösser gewesen, ferner nach der Einwirkung der äusseren Gewalt, die auf die zarten Gebilde ist applicirt worden; hienach allein ergeben sich schon eine Masse verschiedener Möglichkeiten.

Es kommen auch Bilder zur Anschauung, die einem den Eindruck machen, als wäre der helle, ölige Tropfen noch von einer zarteren Markmasse eingeschlossen (Fig. 9).

Oft behält auch das Mark bis zu seiner Verbindung mit dem Stäbchenkern eine gewisse Dicke und hiebei kommen ebenfalls wieder die verschiedensten Formen vor (Fig. 10).

In einzelnen seltenen Fällen sieht man in der Mitte dieses Markkegels noch den centralen Faden. Noch seltener kamen mir die Objecte vor, wo sich der centrale Faden deutlich durch die Hülle hindurch erkennen liess (Fig. 11).

Sehr häufig sieht man auch den Markkörper, abgetrennt von seiner Hülle, frei mit dem zugehörigen Stäbchenkorn herumschwimmen. Man kann auch auf senkrechten Schnitten die Hüllen entweder nur über den Markinhalt zurückgestreift oder aber ganz von demselben abgetrennt sehen. In der Gegend des Stäbchenkorns verdickt er sich gewöhnlich und scheint denselben manchmal trichterförmig zu umfassen. Zuweilen lässt sich keine Demarcationslinie zwischen den beiden letzten Theilen erkennen. — Es reisst auch manchmal der Markkörper ab; ein Theil bleibt dann am Stäbchenkorn sitzen und in sehr seltenen Fällen sieht man den erst später abgerissenen Achsenfaden aus diesem Strunk hervorschauen (Fig. 12).

Was den Ritter'schen centralen Faden anbetrifft, so sieht man ihn bald in seiner ganzen Länge, bald abgebrochen, bald mit einem kolbigen oder dreikantigen Ende, bald spitz zulaufend, am Stäbchenkorn haften. Oft hängt am äusseren Ende des Achsenfadens noch ein Rest des Marks als blasser

Fortsatz. Das Normale scheint immerhin eine kleine, kolbige Anschwellung zu sein, wie sie Ritter angibt und Manz bestätigt (Fig. 13).

Zuweilen sieht man auch die Hülle mit dem Stäbchenkern durch den Markkörper oder den mehr oder minder entblössten Achsenfaden in Verbindung oder aber der Achsenfaden haftet noch mit einem Ende an der Hülle und liegt frei da, nur an seinem anderen Ende noch den Markkegel berührend, oder drittens das Mark ist entleert und weggeschwemmt und nur der Achsenfaden hängt lang aus dem offenen, trichterförmig verengten Ende der Hülle hervor (Fig. 14).

Bei den Stäbchen, die Ritter beschreibt, hatte sich der Inhalt mehr in eine krümliche Masse verwandelt und es war daher diesem Autor auch häufiger gelungen, den Faden frei in der Hülle liegen zu sehen. Auch ich halte den Faden für ein constantes Gebilde, im Mark eingeschlossen, sich von demselben nach den äusseren Einflüssen mehr oder weniger leicht isolirend.

In meinen Präparaten scheint das Mark seine normale Consistenz mehr beibehalten zu haben und es kam daher sehr häufig vor, dass es in seiner Totalität als cylindrische Masse zur Ansicht gelangte. Ich möchte vermuthen, dass dasselbe mit den „Ansatzstücken", wie sie Manz beschreibt, identisch sei.

Sehr schön sieht man den Achsenfaden an denjenigen Stellen als stetiges Constituens der Stäbchenschicht, wo Hüllen und Mark verschwunden sind und am Rande der Limitans externa feine Fäden, auf den Stäbchenkörnern sitzend, hervorragen (s. Fig. 3 bei Manz). An dieser Stelle lässt sich ihre Länge schön messen; ich fand sie bis 0,04 Mm. — Solche Objecte sind ziemlich häufig und deuten auf einen innigen Zusammenhang des Faden mit dem Korn.

Von Aesten jenseits der Limitans externa, wie sie Klebs (Virchow Archiv XIX. 3 u. 4 S. 331 u. 32) beschreibt, konnte ich hier Nichts bemerken. Ich sah stets nur einen Faden jenseits der Limitans, wie auch Manz und Ritter zuweilen einem Stäbchenkorn entsprechend, die ich mit einem kleinen Kolben oder Knopf endigen sah; auch in der menschlichen Retina konnte ich bis jetzt kein anderes Verhalten wahrnehmen.

Die Stäbchenkörner zeigten meist drei Ausläufer, zwei seitliche, mit denen sie sich an die entsprechenden Nachbarkörner anschliessen, und einen innern, der durch die Körnerschicht sich fortsetzt und in der äusseren Körnerschicht oft eine spindelförmige Anschwellung zeigt. Zuweilen scheint hier

die Fortsetzung sich zu verlieren; in einzelnen Fällen glaube ich die Continuität mit dem Müller'schen Radiärfasersystem gesehen zu haben, doch liegt diese Erörterung nicht im Zweck dieser Zeilen. — Die Längendimensionen der Stäbchen fand ich zwischen 0,04—0,06 Mm., wie H. Müller sie angibt; die Länge der freien Markkegel variirte zwischen 0,03 und 0,04 Mm. ohne das Stäbchenkorn. — Jene Gebilde, wie ich sie in Fig. 10 abgebildet, wo Stäbchenhülle und Markkegel noch zusammenhängen, können bis 0,10 Mm. Länge erreichen und es ist daher hier jedenfalls eine Verwechslung mit einem „Innenglied" des Stäbchens unmöglich.

Aus meinen Beobachtungen geht daher die Bestätigung der Ritter'schen Ansicht hervor, dass die Stäbchen des Frosches eine dreifache Zusammensetzung haben, aus einer Hülle, einem markigen Inhalt und einem centralen Faden bestehen, dass das Mark der Stäbchen allerdings eine dem Nervenmark ähnliche Beschaffenheit zeigt und eine bedeutende Zähigkeit besitzt. — Die Meinung, dass der centrale Faden ein Kunstproduct sei, ist von Ritter und Manz schon hinlänglich widerlegt, und wenn Braun glaubt, dass ein Riss in der Stäbchenhülle den Ritter'schen Faden repräsentire, so ist hierauf zu erwidern, dass allerdings solche Längsrisse in den Hüllen vorkommen, dass es aber nicht schwer ist, dieselben von Fäden zu unterscheiden; es gibt noch andere Täuschungsquellen, wenn z. B. zwei Hüllen theilweise einander decken, so kann der seitliche Contour der einen leicht für einen Faden in der andern gehalten werden, doch lässt sich auch diese Fehlerquelle durch genaue Untersuchung leicht vermeiden, und das isolirte Vorkommen der Stäbchenfäden in Verbindung mit dem Stäbchenkorn scheint mir ein unumstösslicher Beweis für die Constanz dieses Gebildes.

Es lässt sich nicht leugnen, dass es ziemlich nahe liegt, eine Parallele zwischen Stäbchen und Nervenfaser zu ziehen und den centralen Faden als ein dem Achsencylinder homologes Gebilde zu betrachten, worauf auch Manz hindeutet. Beweisendes jedoch scheint mir in dieser Analogie Nichts zu liegen für die nervöse Natur der Stäbchen.

Ich habe mich bemüht, den centralen Faden bei den andern Wirbelthierclassen ebenfalls aufzufinden und besonders beim Huhn ganz ähnliche Bilder gefunden; auch der Markkörper lässt sich bei diesem Thiere leicht nachweisen. Auch in der Retina der Ziege habe ich einen Faden aus den blasig veränderten Stäbchen heraustreten sehen. — Bei Fischen fand ich ebenfalls ähnliche Bilder.

Es bleibt mir nur noch übrig, ein Wort zu sagen über die Theilung der Stäbchen in Innen- und Aussenglieder, wie sie Krause für die Stäbchen des Menschen und Frosches, Braun für die des Frosches annimmt. Braun stützt sich hiebei auf die Verschiedenheit der Carminfärbung; ich habe den Versuch wiederholt, kann mich aber eben so wenig wie Manz von der Existenz der Innenglieder überzeugen. Ich halte diese Innenglieder für nichts Anderes, als den seiner Stäbchenhülle entkleideten Markkegel; ich glaube, dass unter Umständen ein geringer Druck schon genügt, die Hüllen über das Mark zurückzustreifen und so dies imbibitionsfähigere Gebilde der Willkür des Carmins auszusetzen. Dass das Mark sich sehr leicht färbt, während die Hüllen ihre gelbliche Färbung beibehalten, habe ich mit Leichtigkeit constatiren können. — Wie sich die Sache beim Menschen verhalte, wage ich ohne Untersuchung frischer, normaler Augenhäute nicht zu entscheiden.

Ueber die Endigung der Muskelnerven.

Von

W. Krause.

(Hierzu Tafel VI u. VII.)

Die nachfolgende Beschreibung der Endigung der Nerven in den Muskeln, welche aus quergestreiften Muskelfasern bestehen, bezieht sich zunächst auf den M. retractor bulbi der Katze, der für diese Untersuchungen eines der bequemsten Objecte darbietet.

Bekanntlich zerfällt dieser Muskel bei der Katze in vier Portionen, welche auf 15—25 Mm. Länge, 3—5 Mm. Breite und $^1/_2$—1 Mm. Dicke haben, und vom Rande des Foramen opticum gemeinschaftlich entspringend, den N. opticus umschliessend, ungefähr parallel den geraden Augenmuskeln verlaufen, um sich hinter denselben an die Sclerotica mit breiten, membranähnlichen Sehnen zu inseriren. Mit Nerven wird der Muskel von einem 0,3 Mm. messenden Ast des N. VI. versorgt. In jedes der vier Muskelbündel tritt ein einfaches oder getheiltes Nerven-Stämmchen von 0,1—0,15 Mm. Durchmesser in dem hintersten Viertel der Länge des Muskels ein und verästelt sich in dem zweiten Viertel, vom Ursprunge des Muskels an gerechnet, bis zur geometrischen Mitte desselben mit Zweigen, die noch dem blossen Auge sichtbar sind (Fig. 10). Gewöhnlich laufen zwei solcher Aeste in 1—2 Mm. Abstand und einander parallel geradlinig oder ein wenig gebogen nach vorn. Sie lösen sich durch fortwährende Abgabe von Aesten in immer feinere Zweige auf (Fig. 11), unter denen allseitige Anastamosen stattfinden. An den Aesten, welche noch etwa 4—6 Primitivfasern führen, kann man öfters den Uebergang

von bogenförmig verlaufenden, isolirten Nervenfibrillen von einem Stämmchen zum andern verfolgen. Dieses sind die seit Valentin (1836) so oft beschriebenen Endschlingen, welche allerdings vorhanden sind, aber nicht die letzten Endigungen darstellen (Fig. 12). In den Plexus finden sich vielfache Theilungen, meist dichotomischer Art. Stets sind die Enden der sich theilenden Faser zugespitzt, ohne jedoch ihr Mark ganz zu verlieren, welches am frisch und ohne Zusatz oder Druck untersuchten Muskel als zarte doppelte Contour erkennbar ist (Fig. 1). Wie bei den einfach sensiblen Nerven entsteht der Anschein, als ob ein nackter Axencylinder allein die Verbindung an der Theilungsstelle herstellte, nur dann, wenn man nicht unter den günstigsten Umständen untersucht oder Reagentien anwendet (Fig. 8).

Die Theilungen der Muskelnerven sind beim Hecht (1844) von J. Müller und Brücke, beim Frosch (1847) und Säugethieren von R. Wagner zuerst gesehen worden. In den Augenmuskeln des Kaninchens habe ich schon 1852 dieselben gelegentlich beobachtet.

Aus den feinsten Plexus treten fortwährend einzeln verlaufende Primitivfasern aus, welche sich ebenfalls häufig theilen. Bei der ganzen Ausbreitung ist der verhältnissmässig kurze, starre, gestreckte Verlauf der Stämmchen, sowie der meisten isolirten Primitivfasern charakteristisch (Fig. 7 u. 12), im Gegensatz zu den mannigfaltigen Umwegen der sensiblen Nerven in den Schleimhäuten. Die einzeln verlaufenden Primitivfasern, sowie ihre Aeste haben auch meist nur eine sehr unbedeutende Länge (z. B. 0,3 Mm.) im Vergleich zu den 3—4 Mm. langen Fasern, die man in der Conjunctiva bulbi zuweilen verfolgen kann.

Die Durchmesser der anfangs breiten Primitivfasern nehmen gegen das Ende derselben immer mehr ab, was für den Frosch von Reichert nachgewiesen worden ist. Schliesslich spitzt sich die Primitivfaser fein zu, gerade wie bei einer Theilungsstelle. Das zugespitzte Ende (Fig. 2) liegt dem Sarcolemma unmittelbar auf und wurde lange Zeit für das wirkliche Ende derselben gehalten.

Die Einschnürungsstelle ist aber manchmal nichts weiter als eine letzte Theilungsstelle. Jede Nervenfaser tritt an erstgenannter Stelle in einen besonderen flächenhaft ausgebreiteten Apparat, welcher wahrscheinlich ein Analogon der electrischen Endplatte in den betreffenden Organen von Fischen darstellt. Derselbe kann daher als motorische Endplatte (lamina nervorum terminalis motoria) bezeichnet werden.

Die doppeltcontourirte Nervenfaser wird bis zu ihrer letzten Theilungsstelle von einem kernhaltigen Neurilem begleitet (Fig. 4). An der Theilungsstelle geht dasselbe in eine structurlose Membran über, welche zahlreiche (8—20) Kerne (Fig. 1. d.) enthält. Die Membran liegt mit ihren peripherischen Rändern dem Sarcolem der betreffenden quergestreiften Muskelfaser unmittelbar auf. Die Kerne sind von seitlich-abgeplattet eiförmiger Gestalt, sie unterscheiden sich in Nichts von den Kernen des Neurilems. Sie adhäriren der Membran theils an ihrer dem Sarcolem zugekehrten Seite, theils sind sie in die Dicke derselben eingebettet. Die Nervenfaser zeigt nach ihrem Eintritt in die Endplatte ein verschiedenes Verhalten. Dieselbe kann, indem sie schmaler wird und sich zuspitzt, in eine einfache, blass contourirte Terminalfaser übergehen (Fig. 3). Oder sie theilt sich dichotomisch resp. trichotomisch (Fig. 8) in solche Fasern; nur einmal habe ich eine vierfache Theilung mit Sicherheit beobachtet. Oder die Theilungsstelle liegt ein wenig rückwärts von der Eintrittsstelle der Nervenfaser in die Endplatte, und zwei doppeltcontourirte, aber feiner gewordene Fibrillen treten zusammen in die letztere und werden sogleich zu blassen Fasern (Fig. 1, Fig. 4. C.). Die letzteren sind abgeplattet und nicht als marklose Axencylinder zu betrachten. Vielmehr verhalten sie sich morphologisch wie die Terminalfasern in den terminalen Körperchen, sie zeigen bei starken Vergrösserungen ausserordentlich feine, dunklere Begrenzungslinien und bestehen ebenfalls aus einem eiweissartigen Körper und etwas Fett. Verfolgt man unter dem Mikroskop die dunkelrandige Faser, so sieht man ihre blassen, kurzen Endäste in eine ganz ähnliche, feinkörnige Masse eingelagert, wie sie in den Tastkörperchen und Endkolben das Nervenende umgibt. Auch hier findet sich zuletzt eine knopf- oder kolbenförmige Endanschwellung der blassen Terminalfaser (Fig. 3 b, Fig. 4 a.).

Die feinkörnige Masse besteht theils aus sehr feinen Körnchen, die durch Essigsäure und Natron erblassen und wahrscheinlich eiweissartiger Natur sind, theils aus sparsamen, etwas grösseren, durch die genannten Reagentien nicht veränderlichen Körnchen (Fig. 8), die nach ihrem Lichtbrechungsvermögen zu urtheilen Fett sind. Die feinkörnige Masse liegt wie eine dünne Haut zwischen der Bindegewebsmembran der Endplatte und dem Sarcolem. Auf der Profilansicht sieht letzteres öfters feingezähnelt aus, und es ist die dem Sarcolem zugekehrte Fläche der feinkörnigen Masse nicht glatt, sondern mit feinsten Hügeln besetzt (Fig. 4. A. Fig. 5. B. b).

Die Endplatten bestehen also aus einer kernhaltigen Bindegewebsmembran, einem flächenhaft ausgebreiteten, feinkörnigen Inhalt und kurzen, blassen, knopfförmig endigenden Terminalfasern. Sie sind beinahe kreisförmige (Fig. 2, Fig. 5, A), sehr dünne Scheiben, oder manchmal von etwas ovaler Form (Fig. 4, B), und sie umgreifen einen beträchtlichen Bruchtheil des Umfangs der Muskelfasern. Die doppeltcontourirte Primitivfaser kann nun entweder nahe dem Centrum der Endplatte in letztere eintreten (Fig. 5), oder seitlich am Rande derselben. Im letzteren Falle divergiren die blassen Terminalfasern unter einem meist sehr spitzen Winkel (Fig. 4, B), im ersteren Falle können sie nach beinahe entgegengesetzten Richtungen (Fig. 4, A) verlaufen. In seltenen Fällen kann eine Nervenfaser sich in zwei kurze, feine, doppeltcontourirte Fasern theilen, die in zwei seitlich mit einander verschmolzene Endplatten übergehen; man kann dann eben so gut eine einfache Endplatte annehmen, die doppelt so lang als breit ist.

Die Untersuchung der Nervenverbreitung in dem M. retractor bulbi geschieht am besten am Muskel, der von einer so eben getödteten Katze genommen ist. Die Methode basirt auf der Erfahrung, dass Theile des thierischen Körpers, welche im Leben einen hohen Grad von Durchsichtigkeit besitzen, dieselbe bald nach dem Tode durch fein moleculare Trübung ihres Saftes einbüssen, z. B. Epithelialzellen, dünne Bindegewebsmembranen, quergestreifte Muskelfasern etc. Um diese am Epithelialblatt der Cornea auch den Laien seit Jahrtausenden bekannten Thatsache für die Verfolgung doppeltcontourirter Nervenfasern, ohne Zusatz zu dem Präparat, zu verwerthen, bedarf es der Auswahl eines im Leben hinlänglich durchsichtigen Objectes, welches zugleich viele Nerven-Endigungen enthält. Im M. retractor bulbi finden sich die letzteren am dichtesten in den beiden mittleren Vierteln der Länge des Muskels. Nach Eröffnung der Schädelhöhle und des Augenhöhlendaches mit Säge oder Meissel präparirt man den Retractor vom Binde- und Fettgewebe frei und spaltet ihn durch Scheerenschnitte parallel seiner Längsrichtung in zwei oder mehrere Bündel. Dann macht man mit einer spitzen, sehr scharfen Scheere einen feinsten Abschnitt senkrecht auf die Flächen-Ausbreitung des Muskels und selbstverständlich parallel seiner Faserrichtung. Das hinlänglich durchsichtige, mehrere Millimeter lange Stückchen des mittleren Theiles des Muskels wird flach ausgebreitet auf den Objectträger gebracht und ohne irgend einen Zusatz mit einem Stückchen eines dünnen Deck-

gläschens bedeckt. Nöthigenfalls stellt man durch sehr gelinden Druck mit der Nadel eine ebene Fläche her. Irgend stärkerer Druck muss aufs Sorgfältigste vermieden werden, um die cylindrischen Muskelfasern nicht abzuplatten. Bei dem ganzen Verfahren ist dieselbe Sorgfalt der Schnittführung anzuwenden, wie man sie sonst für Darstellung feiner Ganglien-nerven-Präparate etc. anwendet. Mit dem planlosen Abschneiden irgend eines Fetzens von Muskelsubstanz kommt man eben so wenig oder höchstens durch Zufall zum Ziele, als wenn man z. B. zur Untersuchung auf Endkolben eine Conjunctivafalte an Augen, die beim Fleischer für frisch geschlachtet gelten, mit einer Cooper'schen Scheere ausschneiden wollte. Ist bei der Präparation des Muskels die erforderliche Vorsicht beobachtet, so erscheinen die Muskelfasern deutlich quergestreift, ohne Längsstreifen und undurchsichtige (todtenstarre) Stellen, die isotrope Substanz von glasartiger Durchsichtigkeit und die Nervenfasern mit parallelen doppelten Contouren, indem die Scheidung in Mark und Axencylinder noch nicht eingetreten ist. Die Muskelfasern sind genau parallel gelagert ohne Knickungen und Biegungen. Wenn das Präparat die angegebenen Eigenschaften nicht besitzt, so spart man am meisten Zeit durch sofortiges Anfertigen eines neuen. Die Blutgefässe erscheinen halbgefüllt in zierlichen Netzen, die Muskelfasern umspinnend; handelt es sich um die Demonstration für Andere, so kann man, um jede Verwechslung der Nerven-Endigungen mit Blutgefässen auszuschliessen, die Katzen unter einer Glasglocke mittelst Chloroform oder durch Erdrosselung tödten, wobei die Capillaren mit Blut gefüllt bleiben. — Zu diesen Untersuchungen sind die kleinen Mikroskope von Schiek und Kellner wegen ihres grossen Gesichtsfeldes am bequemsten.

Wenn man die Endplatten in irgend einem Muskel aufsuchen will, dessen Nerven-Verlauf man noch nicht genau kennt, so ist es nothwendig, die feinsten Nervenstämmchen mit Loupe und spitzen Scheeren auf die gewöhnliche Art zu präpariren. Da, wo man sie eben nicht mehr verfolgen kann, finden sich die mikroskopisch reichhaltigsten Nervenplexus nebst einzeln verlaufenden Fibrillen und Endplatten. Im Anfang der Untersuchung musste ich natürlich überall so verfahren. Auf diese Art kann man ebenfalls in den geraden und schiefen Augenmuskeln, sowie in Gesichtsmuskeln die Endplatten am frischen Präparat darstellen.

Wenn der Muskel nicht mehr warm ist, so sind die Schwierigkeiten der Nerven-Verfolgung grösser; man kann jedoch die Endplatten, falls man sie schon hinlänglich kennt, auch

noch bis zum Eintritt der Todtenstarre am frischen Object nachweisen. Später wird es unmöglich.

Die Untersuchung am frischen Präparat gestattet in den meisten Fällen nur eine oder die andere doppeltcontourirte Nervenfaser bis in die zugehörige Endplatte zu verfolgen. Durch geeignete Reagentien gelingt es aber, diese Endigung für ganze Gruppen von Fibrillen, die aus den geschilderten Nervenplexus austreten, zu constatiren. Dazu dient am besten verdünnte Essigsäure, die dem frischen Präparat zugesetzt wird. Mit derselben behandelte Objecte kann man unter Wasserzusatz einkitten und Monate lang aufheben.

Besser noch gelingt die Verfolgung ganzer Gruppen von Nervenfasern bis in die Endplatten an ganz frisch eingelegten Muskeln, die einen oder mehrere Tage in einer wässerigen Flüssigkeit gelegen haben, welche 1—3 Procent reiner Essigsäure enthält (Fig. 7). In diesen Lösungen verändern sich die Endplatten am wenigsten, die Nervenfasern und Terminalfasern bleiben deutlich, die Kerne des Neurilems und der Endplatte selbst sind neben den mit blossem Auge sichtbaren Nervenstämmchen mit grösster Leichtigkeit erkennbar, doch die feingranulirte Substanz wird blass oder verschwindet mit Ausnahme einiger Fetttröpfchen (Fig. 8). Deshalb ist es nur an frischen, ohne Zusatz untersuchten Präparaten möglich, das Charakteristische der Nervenendigung: blasse Terminalfasern in einer feingranulirten Masse zu erkennen; während die Essigsäure-Präparate die Endplatten im Retractor bulbi der Katze zu einem der bequemsten Objecte für die Untersuchung machen, sobald es sich nur um die Auffindung überhaupt handelt. Andere Concentrationen der Essigsäure (0,5 %, 25 %, 33 %, 50 %), die Moleschott'schen Essigsäure-Mischungen, ebenso Schwefelsäure (0,1 % einer Säure von 1,8 spec. Gew.) HCl von 1,0—0,3 % etc. zeigen die Endplatten nicht ganz so gut. Indessen ist die Bindegewebsmembran gegen alle diese Einflüsse resistent und verhält sich darin ähnlich dem Sarcolem, ebenso bleiben die Kerne deutlich. Die verdünnten Säuren ermöglichen die Auffindung der Endplatten auch noch in todtenstarren Muskeln. Alkalische, auch ammoniakalische Lösungen sind nicht geeignet.

Es wäre nun wünschenswerth, eine Methode zu haben, welche einzelne Muskelfasern zu isoliren erlaubte und zugleich die Endplatten gut erhielte. Durch Zerfasern der Essigsäure-Präparate mittelst sehr feiner Nadeln gelingt dieses manchmal. Am besten dient dazu ein mehrtägiges Einlegen in Essigsäure von 33 %. Man kann dann Muskelfasern von mehreren

Millimetern Länge freischwimmend beobachten, und da die Nervenendigung nur in dem mittleren Theile des Muskels stattfindet, so genügt die Methode in Hinsicht auf die Verbindung der Endplatten mit der Muskelfaser vollständig. Man sieht hierbei niemals isolirte Endplatten an den Nervenfibrillen ansitzen, sondern stets reisst die Nervenfaser selbst, entweder an ihrer Eintrittsstelle, oder es findet sich ihr Ende in kürzerer oder längerer Ausdehnung mittelst der Endplatte dem Sarcolem fest adhärirend. Die feinkörnige Substanz und meistens auch die Terminalfasern sind aber unkenntlich geworden.

Wendet man Einlegen des frischen Muskels in eine Lösung doppelt-chromsauren Kali's von 2 % an, so kann man ebenfalls nach einiger Zeit die Muskelfasern durch Zerfasern isoliren. Die Endplatten sind dann auf der undurchsichtig und gelb gewordenen Muskelfaser schwer zu erkennen. Die Bindegewebsmembran ist geschrumpft, die Kerne sind so nahe an einander gerückt, dass die Endplatte fast nur aus einem Haufen derselben zu bestehen scheint (Fig. 5, A). Die feinkörnige Substanz ist aber gut erhalten und erscheint feingezähnelt (Fig. 5, B), auf der Profilansicht dem Sarcolem anliegend. Bisher gelang es nicht durch successives Einlegen, sowie durch verschiedene Mischungen von Essigsäure mit doppelt-chromsaurem Kali oder Chromsäure die Vortheile beider Methoden vollständig zu verbinden, doch ist nicht zu bezweifeln, dass dieser Weg zu einem genügenden Resultat führen wird. Denn mehrtägiges Einlegen in wässerige Sublimat-Lösung von 0,3—0,5 %, oder in doppelt-chromsaures Kali von 2 % und nachher in 25 %tige Essigsäure hat sich schon jetzt als zweckmässig bewährt; ebenso die Schwefelsäure von 0,1 %. Chlorwasserstoffsäure in der angegebenen Verdünnung erleichtert die Uebersicht der gröberen Nervenvertheilung im Muskel bei schwachen Vergrösserungen am meisten.

Aus der obigen Beschreibung ist ersichtlich, dass die Endplatten je nach ihrer verschiedenen Lage zur optischen Axe des Mikroskrops ein sehr wechselndes Aussehen darbieten müssen. In der reinen Flächenansicht erscheint die Endplatte als ein Haufen von Kernen, zwischen denen die Terminalfasern liegen. Die doppeltcontourirte Nervenfaser hört entweder nahe dem Rande der Endplatte auf, oder sie ist bis zur Mitte derselben zu verfolgen (Fig. 5, A. c.), je nachdem sie eine mehr centrale oder peripherische Insertion hat. An Essigsäure-Präparaten erscheinen die Kerne weiter auseinander gerückt, die Bindegewebsmembran ist gequollen, die Form der Endplatten häufig mehr oval oder unregelmässig

geworden, die Contouren der Platte sind sehr zart, aber deutlicher erkennbar als am ganz frischen Präparat (Fig. 8, a.). Bei der in doppelt-chromsaurem Kali conservirten Platte ist die Form eine kreisrunde, die Kerne stehen, wie gesagt, dichter als beim ohne Zusatz untersuchten Präparat, der Durchmesser der Platte hat sich verkleinert.

Auf der Profilansicht erscheint am frischen Präparat die feinkörnige Substanz in grösster Deutlichkeit. Ihre Dicke ist im Centrum der Platte bedeutender als an den Rändern, sie enthält niemals Kerne, die vielmehr ausschliesslich der Bindegewebsmembran angehören. Es kommt darauf an, Endplatten aufzusuchen, deren Centrum gerade in der Profillinie gelegen ist, wenn der Focus des Mikroskops auf den Rand der Muskelfaser eingestellt ist, so dass die letztere am breitesten erscheint. Hierbei gewährt ein Mikroskop mit möglichst kurzer Focal-Distanz die deutlichste Einsicht, z. B. System 8. Oc. II. von Hartnack. Immersions-Linsen verfolgen bekanntlich ein entgegengesetztes Princip; bei dem ausserordentlich geringen Krümmungsradius, den die käuflichen Linsen dieser Art besitzen, kann man sie jedoch praktisch hierzu ebenfalls mit Nutzen verwenden. Es ist nämlich von Wichtigkeit, dass nur diejenigen Theile der Endplatte gesehen werden, welche genau im Focus, in diesem Fall in einer grössten Durchschnitts-Ebene der cylindrischen Muskelfaser gelegen sind. Dann erscheint am weitesten nach aussen eine scharfe Contour, d. h. der Durchschnitt der Bindegewebsmembran der Endplatte mit den eingelagerten Kernen. Darauf folgt eine dünne Lage feinkörniger Masse, in der meistens eine oder zwei Terminalfasern streckenweise zu erkennen sind, und schliesslich das Sarcolem. Mitunter erscheint die Endplatte als flache Hervorwölbung (Fig. 1 u. 3), in anderen Fällen ist die Durchschnittslinie der Bindegewebsmembran mehr oder weniger genau in der Richtung der Sarcolem-Linie gelegen (Fig. 4, A.). Man könnte daher glauben, die Endplatte läge im Innern des Sarcolems, ihre bisher sogenannte Bindegewebsmembran sei in Wahrheit das Sarcolem. Um so mehr, da sich beide Membranen gegen die bisher erwähnten Reagentien vollkommen gleich verhalten. Indessen sind folgende Unterschiede nachweisbar. Die Bindegewebsmembran ist dünner als das wie es scheint stärker lichtbrechende Sarcolem, was dem Auge mehr auffällt, als es in den unten folgenden Zahlenangaben der Fall ist, welche bei so kleinen Grössen ohnehin mehr auf Schätzungen, als auf Messungen beruhen müssen. Ferner enthält die Bindegewebsmembran zahlreiche Kerne, welche sich von denen des

Sarcolems durch geringere Grösse unterscheiden, mit denen des Neurilems aber übereinstimmen, während das Sarcolem an der Stelle wo die Endplatte aufliegt, niemals auch nur einen einzigen Muskelkern darbietet. Drittens ist gegen Natron das Sarcolem sehr viel resistenter, als die Bindegewebsmembran, welche fast unkennbar blass wird. Endlich zeigt sich an mit doppelt-chromsaurem Kali behandelten Präparaten die Fortsetzung des Sarcolems unter der aufgelagerten Endplatte hin unverkennbar (Fig. 5).

Wie auch die Präparate dargestellt werden mögen, so erscheint nur selten eine reine Flächenansicht der Endplatten. Profilansichten sind häufig, da aber die Endplatten das Sarcolem als eine Auflagerung auf dasselbe umgreifen, so erhält man bei verschiedener Focus-Einstellung entweder die reine Profilansicht, oder man sieht einen Theil der Endplatte von der Fläche. Diese Ansichten machen nun ganz den Eindruck, als ob die Nervenfasern mit einem kolbigen, aus Kernen zusammengesetzten Ende ins Innere der Muskelfaser hineinragten, ähnlich den bekannten Bildern von Nervenenden an Insectenmuskeln. Liegt die Endplatte unter dem Mikroskop auf der nach oben gekehrten Seite der cylindrischen Muskelfaser, so wird sie beim Senken des Focus zuerst deutlich, und erst bei weiterem Senken tritt die Querstreifung der letzteren zu Tage. Liegt dagegen die Endplatte unter der Muskelfaser, so erhält man ebenfalls, da die Querstreifen die Endplatte bedecken, sehr leicht den Eindruck, als ob die letztere im Innern der Muskelfaser gelegen wäre. In noch höherem Grade wirken diese Täuschungen bei den in Essigsäure macerirten Präparaten. Denn bei der Weichheit der Muskelsubstanz, die dadurch entsteht, ist es unter gewöhnlichen Umständen unvermeidlich, dass die Muskelfasern während der Manipulation anstatt ihrer cylindrischen Form eine abgeplattete annehmen. Dann werden die Focus-Aenderungen, die nöthig sind, um die über oder unter der Muskelfaser gelegenen Endplatten, sowie die Querstreifen der ersteren zur Anschauung zu bringen, so gering, dass sie leicht durch Accommodation des beobachtenden Auges ersetzt werden, und es sieht ganz so aus, als ob die Endplatten ins Innere der Muskelfasern hineinragten (Fig. 8, b.).

Gleichwohl zeigt eine einfache Ueberlegung, dass Gegenstände nicht im Innern eines Cylinders gelegen sein können, die bei irgend einer Lage ausserhalb desselben erscheinen. Was bei fast unmessbar feinen Nervenfäden kaum zu entscheiden ist, gelingt leicht bei verhältnissmässig so grossen

Gebilden, wie die Endplatten. Ausser den Profilansichten, wo die letzteren ausserhalb des Sarcolems gelegen sind (Fig. 1, Fig. 3), ist es am sichersten, durch Rotation einer isolirten Muskelfaser um ihre Längsaxe sich zu überzeugen, dass die Endplatten ihren Ort ändern, bald über, bald unter, bald seitlich von den Querstreifen der Muskelfaser gelegen sind. Dieser Nachweis kann durch leichte Verschiebung des Deckgläschens und dadurch bewirktes Rollen der Muskelfaser um ihre Längsaxe geliefert werden, sowohl an zufällig isolirten Muskelfasern, aus frischen Präparaten unter Zusatz von Flüssigkeit des Corpus vitreum, als an Muskelfasern, die aus Essigsäure-Präparaten von 3—33 $^0/_0$ mittelst Zerfasern isolirt wurden, oder aus mit doppelt-chromsaurem Kali behandelten Präparaten (Fig. 5, A u. B.).

Die kernhaltige Bindegewebsmembran der Endplatten ist ein ziemliches resistentes Structur-Element und nicht durch verdünnte Essigsäure zu zerstören. Wenn man einen M. retractor bulbi trocknet, nach Einwirkung von 1—3 $^0/_0$ tiger Essigsäure während einiger Tage, so kann man sehr dünne Querschnitte anfertigen und mit Wasserzusatz untersuchen. Bei hinlänglicher Ausdauer findet man dann ausserhalb des Sarcolems gelegene Endplatten (Fig. 6, b), welche durch eine zutretende Nervenfibrille charakterisirt sind. Letztere kann man nöthigenfalls durch Natronzusatz kenntlich machen. Auch an solchen Durchschnitten erscheint das Sarcolem an der Stelle, wo die Endplatte aufliegt, feingezähnelt, zum Beweise, dass es sich bei der auf Längsschnitten des Muskels sichtbaren Zähnelung nicht etwa um durchschnittene Riffe oder Falten des Sarcolems handelt.

Was die Kerne der Bindegewebsmembran der Endplatte anlangt, so sind sie im frischen Zustande mattglänzende Bläschen mit einem oder zwei sehr glänzenden Kernkörperchen (Fig. 2). Durch verdünnte Säuren treten in dem Inhalt, gerade so wie in den Kernen des Neurilems der dunkelrandigen Nervenfibrillen, Gerinnungen ein, welche zu den allermannigfaltigsten Aneinander-Reihungen von Körnchen führen; es entstehen daraus feinste, gerade und gekrümmte Linien etc. (Fig. 5), welche bei sehr starken und daher lichtschwachen Vergrösserungen leicht zu wunderbaren Deutungen Veranlassung zu geben vermögen. In Muskeln, die kurze Zeit in Essig gekocht wurden, sind die Kerne ebenfalls deutlich. Dagegen erblassen sie durch Natron-Zusatz, und nur bei sehr verdünnten Lösungen sind sie im ersten Anfange als zarte, röthlich-

glänzende Bläschen erkennbar; auch die feinkörnige Substanz und die Terminalfasern werden unkenntlich.

Das Natron ist also sehr ungeeignet zur Untersuchung der Endplatten. Dennoch war es im Anfang der Untersuchung ein unentbehrliches Hülfsmittel. Die Muskelsubstanz der Säugethiere ist an sich nicht so undurchsichtig, wie man sie gewöhnlich in Folge ungeeigneter Manipulationen und nicht ganz frischer Präparate zu sehen bekommt. Sie wird nur unter ungünstigen Verhältnissen sehr viel leichter undurchsichtig, als die Muskelsubstanz von niederen Wirbelthieren. Es gelingt daher leicht, die Endplexus unter den angegebenen Cautelen darzustellen. Von da ab verfolgt man einzeln verlaufende Fibrillen, welche einen viel kürzeren Verlauf bis zu ihrer zugehörigen Endplatte haben, als die einfach sensibeln und die Muskelnerven anderer Wirbelthiere. Um das wirkliche Nervenende zu erkennen, hat man sich zunächst an das Auffinden eines fein zugespitzten Endes der doppelt-contourirten Faser zu halten, welches, wie gesagt, beim Uebergang in eine oder mehrere blasse Terminalfasern constant ist. Falls man etwa nicht im Stande sein sollte, dasselbe, im Fall es sichtbar ist, mit Sicherheit von irgend welchem zufälligen Unsichtbarwerden der Nervenfaser oder abgerissenen Enden derselben zu unterscheiden, so studirt man diese fein zugespitzten Enden am besten in der frischen Conjunctiva bulbi, wo sie mit Hülfe von verdünntem Natron bequem dargestellt werden können. Wenn die Endplatten im Profil erscheinen, so erkennt man leicht die wohlbekannte, feinkörnige Masse, welche wie in den Endkolben und Tastkörperchen die zarten Terminalfasern umgibt. Wenn man aber wegen der darüber gelegenen Kerne nicht mit Deutlichkeit das zugespitzte Nervenende am frischen Präparate sehen konnte, wenn sich die Nervenfaser auf der Profilansicht seitlich längs dem Sarcolem hinzuziehen schien (Fig. 3), so musste man zunächst vermuthen, die Nervenfaser habe sich nur dem Blick entzogen, indem sie unter eine undurchsichtigere Stelle einer Muskelfaser getreten sei. Durch Natron-Zusatz erhält man dann volle Gewissheit, dass die vielleicht undeutlich gesehenen kernähnlichen Körperchen und die feingranulirte Masse wirklich einem Nervenende, d. h. einer Endplatte angehörten.

Auf der reinen Profilansicht findet man die Kerne der Endplatten stets ihrer Bindegewebsmembran ein- oder aufgelagert (Fig. 4, A., Fig. 6, b.). Sie sind daher nicht etwa als der feingranulirten Substanz angehörig zu betrachten; die letztere ist durchaus nicht um die Kerne angehäuft, so dass

auch die Vermuthung wegfällt, es handle sich hier vielleicht um einen Haufen von Ganglienzellen am Ende einer Nervenfibrille. Man könnte geneigt sein, die feinkörnige Substanz als eine directe Fortsetzung der Nervenfaser aufzufassen. Dem widerspricht das unmittelbar zu beobachtende Aufhören der Terminalfasern mit kolbenförmigen Enden (Fig. 3, 4, 8). In der feingranulirten Masse ist schon aus letzterem Grunde auch kein nervöses Endnetz verborgen. Davon abgesehen, so ist das Aussehen derselben am frischesten Präparat wie am ältesten, wo sie noch zu erkennen ist, oder an mit doppelt-chromsaurem Kali behandelten, bei 200facher oder bei 1000maliger Vergrösserung stets dasselbe; es ist und bleibt eine feingranulirte Masse.

Da man die Terminalfasern knopfförmig angeschwollen in den Endplatten endigen sieht, so ist keine Fortsetzung derselben ins Innere der Muskelfaser denkbar. Aber auch die feinkörnige Substanz ragt zwar in die feine Zähnelung des Sarcolems hinein, setzt sich aber niemals ins Innere der Muskelfaser fort. An reinen Profilansichten der ohne Zusatz oder mit doppelt-chromsaurem Kali untersuchten Präparate kann man sich davon ganz unzweifelhaft überzeugen. Dass die Endplatten mit ihren Rändern dem Sarcolem sehr fest anhaften, geht schon aus dem erwähnten Verhalten an Essigsäure-Präparaten hervor; in Betreff jener Zähnelung des Sarcolems lässt sich bisher keine wahrscheinlichere Erklärung auffinden, als dass sie der optische Ausdruck von feinsten Löchern sein mag, deren Distanz übrigens viel geringer ist, als die der Scheiben von anisotroper Substanz. In der Flächenansicht kann man das Sarcolem nicht wahrnehmen.

Ueber das Vorkommen der Endplatten lässt sich a priori vermuthen, dass dasselbe ein ganz allgemeines sein wird, weil die quergestreifte Muskelfaser ein so constant in der Thierreihe wiederkehrender Apparat ist.

Schon 1860 hatte ich mich überzeugt, dass die Nervenverbreitung in ganz frischen Augenmuskeln von Säugethieren weit sicherer zu studiren sei, als bei Insecten, Fischen, Amphibien und Vögeln. Im Herbst 1862 untersuchte ich die Augenmuskeln des Pferdes, von der Erinnerung geleitet, dass die Endkolben zuerst bei einem der grössten Säuger, nämlich beim Elephanten, gesehen worden waren. Es schien danach die Hypothese gerechtfertigt, die absolute Körpergrösse des Thieres möge ein diese Untersuchungen wesentlich erleichterndes Moment sein, da im Gegensatz hierzu die Terminalkörperchen im Daumenballen der Frösche so schwierig zu erkennen sind.

Der Erfolg schien die Voraussetzung zu bestätigen, denn Anfang October hatte ich Gelegenheit, meinem Vater auf der Anatomie in Hannover die Endplatten vom frischen Pferdeauge genommen zeigen zu können. Einige Tage später gelang die Auffindung in den Augenmuskeln des Menschen unmittelbar nach der Hinrichtung. Es mag hierbei bemerkt werden, dass die stark mit interstitiellen Fettkörnchen durchsetzten Muskelfasern der meisten Hospitalleichen die allerungeeignetsten Objecte zur Aufsuchung von Endplatten sind. Doch ist mir die Darstellung aus dem M. zygomaticus eine Stunde nach dem Tode öfters gelungen.

Es war nun die Aufgabe, einen Muskel aufzufinden, an dem zu jeder Zeit die Demonstration möglich und leicht wäre. Demzufolge untersuchte ich die Augenmuskeln immer kleinerer Thiere: Rind, Kalb, Schwein, Schaf, Hund, wobei die Auffindung der Endplatten im Allgemeinen bequemer wurde, und fand endlich im M. retractor bulbi der Katze ein ausgezeichnetes Object. Auch bei kleineren Hunden kann man diesen Muskel eben so gut benutzen.

Endplatten in anderen Muskeln aufzusuchen, habe ich noch nicht Zeit gefunden. Was die Dimensionen betrifft, so ist es selbstverständlich, dass die Endplatten am frischen Präparat gemessen werden müssen, da sie in verdünnten Säuren aufquellen, in doppelt-chromsaurem Kali schrumpfen. Daher können nur für den Menschen, das Huhn und die Katze die an Augenmuskeln gewonnenen Mittelzahlen, als auf einer hinlänglich grossen Reihe von Einzelmessungen beruhend, unten angegeben werden. Indessen ergibt sich schon aus meinen fragmentarischen übrigen Beobachtungen die bisher ausnahmslose Regel, dass die Dimensionen der Endplatten in einem bestimmten Verhältniss stehen zur Dicke der zugehörigen Muskelfaser. Durchschnittlich umgreifen sie etwa $^1/_4$—$^1/_3$ des Umfanges derselben. Ihre Dimensionen steigen vorzugsweise mit dem absoluten Durchmesser der Muskelfaser, in geringerem Masse mit der Körpergrösse des Thieres. Im Allgemeinen sind die Schwankungen aber sehr gering.

Bei der Katze haben die Endplatten im Mittel 0,04—0,05 Mm. Durchmesser, die Länge schwankt zwischen 0,038 — 0,076, die Breite zwischen 0,023 — 0,043; die Dicke beträgt im mittleren Theil der Platte 0,006—0,008. Auf die Ermittelung der wahren Dicke habe ich an Profilansichten viel Sorgfalt verwandt, was bemerkt werden soll, weil man bei ungenauer Einstellung des Focus die Dicke beträchtlicher zu schätzen geneigt ist (Fig. 8, b.). An Präparaten in doppelt-chrom-

saurem Kali beträgt der Durchmesser 0,034—0,038, die Dicke 0,006. Die Kerne der Bindegewebsmembran haben 0,007—0,01 Länge, 0,0038—0,0057 Breite; 0,0025 Dicke, ebenso gross sind die Kerne des Neurilems der doppeltcontourirten Nervenfasern. Die Bindegewebsmembran hat 0,0004 Dicke, während das Sarcolem 0,0005—0,0006 misst. Die Kernkörperchen in den Kernen der Endplatten haben 0,0009 Durchmesser, die grössten Körnchen der feingranulirten Substanz 0,0008, die kleinsten etwa 0,0003. Die Dicke der isolirt verlaufenden doppeltcontourirten Nervenfibrillen beträgt 0,0076, die Länge der ebenfalls doppeltcontourirten Endäste, die zusammen in eine Endplatte eintreten, beträgt etwa 0,06, ihre Dicke 0,004; die blassen Terminalfasern sind 0,015 lang und länger, 0,003—0,0035 breit und 0,0028 dick, ihre knopfförmige Endanschwellung hat 0,0038 Durchmesser.

Beim Menschen beträgt die Länge der Endplatten im Mittel 0,04—0,06, die Breite 0,04, die Dicke 0,006. Die Kerne derselben haben 0,0074 Länge, 0,0038 Breite, die doppeltcontourirten Nervenfasern 0,008, die Terminalfasern 0,0038 Durchmesser.

Bei den Vögeln sind die Endplatten schwerer aufzufinden wegen des länger isolirten Verlaufs der dunkelrandigen Nervenfibrillen. Im M. retractor bulbi des Huhns und der Taube sind die Verhältnisse der Endplatten genau dieselben wie bei den Säugern. Die dunkelrandigen Nervenfibrillen hören meistens mit dicho-, seltener trichotomischen Theilungen in den Endplatten auf. Beim Huhn finden sich an den kleinsten Nervenstämmchen zuweilen Nervenknäuel. Die Endplatten haben beim Huhn 0,038—0,057 Durchmesser auf 0,006 Dicke; die Kerne messen nur 0,0055 Länge auf 0,0038 Breite, die dunkelrandigen Fasern haben 0,007, die noch doppeltcontourirten Endäste 0,0038, die blassen Terminalfasern 0,003 Durchmesser.

Was die Vertheilung der Endplatten an die einzelnen Fasern des Muskels anlangt, so kann man aus dem Retractor bulbi der Katze an Präparaten, die etwa 8 Tage in verdünnten Säuren, namentlich in Essigsäure von 25—33 % gelegen haben, einzelne platte secundäre Bündel absondern, welche fast in der ganzen Länge des Muskels durch stärkeres Perimysium internum von den benachbarten Bündeln getrennt werden. Die Bündel enthalten beispielsweise etwa 20 Muskelfasern. Mustert man dieselben unter dem Mikroskop bei 200facher Vergrösserung durch, so sieht man die Nerven-Vertheilung an verschiedenen Stellen des Muskels stattfinden, aber stets in

den beiden mittleren Vierteln die meisten Endplatten; das nach vorn gelegene Viertel enthält nur wenige, die vorderste Partie von 2—4 Mm. Länge keine einzige mehr; in dem am meisten nach hinten gelegenen kommen einzelne oder kleine Gruppen vor, gewöhnlich an kleinen Nervenstämmchen von ganz kurzem Verlaufe, die isolirt von einem stärkeren Stämmchen sich abbiegen. Da man die Muskelfasern und die Endplatten einzeln zählen kann (Fig. 7), so kann man sich leicht überzeugen, dass beide Zählungen fast genau übereinstimmende Resultate liefern; gewöhnlich findet man ein paar Endplatten weniger. Es dürfte unnöthig sein, die einzelnen Zahlenverhältnisse hier anzuführen, da hoffentlich recht bald Muskeln gefunden werden, deren Nervenvertheilung sich noch bequemer ermitteln lässt, als im Retractor bulbi der Katze. Jedenfalls steht es fest, dass die Zahl der Endplatten und Muskelfasern annähernd dieselbe ist, dass also in diesem Muskel die Contractions-Anregung seitens der Nerven an jeder einzelnen Muskelfaser, und zwar nur an einer einzigen Stelle derselben stattfindet. Diese Stelle liegt für verschiedene Fasern in verschiedenen Längsabschnitten des Muskels, im Allgemeinen aber für benachbarte Fasern an nahe benachbarten Stellen. Wegen des Umstandes, dass man etwas weniger Endplatten als Muskelfasern findet, könnte man die Ungenauigkeit der Zählung beschuldigen. Es ist indessen noch eine andere Erklärung möglich. Ohne Zweifel verlaufen die Muskelfasern im M. retractor bulbi der Katze zum allergrössten Theile von einem Ende des Muskels bis zum andern. Nur sehr sparsam kommen Theilungsformen darin vor, wie sie schon in so vielen Muskeln beobachtet sind. Es wäre möglich, dass die getheilten Fasern ebenfalls nur eine einzige Endplatte erhielten. Die Theilungsformen sieht man an Präparaten mit Essigsäure und am besten an solchen mit doppelt-chromsaurem Kali. Ferner erkennt man die abgezweigten Fasern auf Querschnitten getrockneter Muskeln an ihrem auffallend geringeren Durchmesser.

Auch einzelne Muskelfasern finden sich, die frei im Muskel mit zugespitzten, getheilten oder abgerundeten Enden aufhören. Von dem Vorkommen dieser letzteren habe ich mich nicht mittelst der so bequemen Glycerinmethode, sondern am frischen Fledermausflügel zuerst überzeugt. Die Zahl derselben ist überhaupt zu gering, um von Einfluss auf die Zahlenergebnisse sein zu können; sicher ist ausserdem, dass jede frei endigende Muskelfaser eine bedeutende Länge hat und ebenfalls eine Endplatte erhält. Die Anordnung ist nicht so

aufzufassen, als ob einzelne Fasern gleichsam abortiv im Muskel endigten. Vielmehr inseriren sie sich mit stumpfen oder spitzen Enden, die vom Sarcolem abgeschlossen werden, an das Perimysium internum. Die Verhältnisse sind also ähnlich, nur feiner, wie bei den Muskeln, die gefiederte genannt werden, in welche ihre Sehne hineinragt. Das Aufhören der Muskelfaser geschieht überall, indem das Sarcolem von Bindegewebsfasern umfasst wird, und niemals dringen letztere bei erwachsenen Säugern etc. ins Innere des Sarcolems.

Indem man die Anzahl der Fasern in den kleinen Nervenstämmchen bestimmt, welche in solche secundäre Muskelbündel eintreten, kann man nachweisen, dass jede dieser Fasern etwa 2—3 Endplatten versorgt. Es stimmt dieses Resultat überein mit dem durch Kölliker schon lange bekannten Factum, dass in den Muskeln der Säuger Nerventheilungen viel weniger häufig sind, als bei niederen Wirbelthieren. Jedoch ist die Zahl der Fasern, welche von den Centralorganen des Nervensystems ausstrahlen, eine viel geringere als derjenigen, welche in den mit blossem Auge nicht mehr sichtbaren Nervenstämmchen im Muskel verlaufen. Eine vergleichende Schätzung gestattet zu schliessen, dass von den Nervenfasern der Augenmuskelnerven jede etwa 10 Endplatten oder Muskelfasern durch wiederholte Theilungen versorgen möge, während Reichert im Hautmuskel des Frosches das Verhältniss bekanntlich wie 1:20 gefunden hat. Indessen wäre es möglich, dass diese Verhältnisse in anderen Muskeln der Säuger sich denen des Frosches annäherten, und andererseits gehört der M. retractor noch zu den kurzen Muskeln, und es ist auch für die Säuger nicht ausgeschlossen, dass in langen Muskeln nicht jede Faser mehrere Nervenenden erhalten könne.

Da die doppeltcontourirten Nervenfasern, welche den beschriebenen Verlauf nehmen, erstens motorischen Nervenstämmen angehören, zweitens beträchtlich breite Fasern sind, drittens sich an die Muskelfasern selbst inseriren und viertens diese letzteren keine anderweitigen Nerven erhalten, so folgt unzweifelhaft, dass die Endplatten den motorischen Muskelnerven angehören.

Es gibt in den Augenmuskeln der genannten Säuger noch sparsame andere Nerven, welche wesentlich von den bisher beschriebenen verschieden sind. An Essigsäure-Präparaten sieht man neben den kleineren Muskelarterien sehr häufig Nervenstämmchen verlaufen, welche aus 1—3 doppeltcontourirten, aber schmalen Fibrillen und 2—6 blassen, kernhaltigen Remak'schen Fasern bestehen. Sie sind ursprüng-

lich in der Scheide der noch mit blossem Auge sichtbaren motorischen Nervenstämme enthalten und verlassen dieselben innerhalb des Bindegewebes zwischen den secundären Muskelbündeln, um zu den Arterien daselbst überzutreten. Die Stämmchen verlaufen manchmal stark geschlängelt parallel den Arterien und zum Theil dieselben umwindend, theilen sich, wenn die Arterien Aeste abgeben, um sich letzteren anzuschliessen, und es kommen auch Theilungen der dunkelrandigen Fasern vor. An den kleinsten Arterien findet man die aus den wenigsten Fasern bestehenden Stämmchen; die blassen Nervenfasern verlieren sich isolirt in der Muskularis (Fig. 9, f.), ohne die Art der Endigung genauer erkennen zu lassen. Jedenfalls sind daher die blassen Nervenfasern als für die glatten Muskeln der Arterienwände bestimmte Elemente zu betrachten, zumal meine Untersuchungen über die Meissner'schen Ganglien im Darm der Vögel nachgewiesen haben, dass die dort ebenfalls beobachteten blassen Nervenstämme den Muskellagen des Darmes angehören (s. anat. Unters. 1861, S. 77 u. 96). Die sparsamen, dunkelrandigen Fibrillen (Fig. 9, e) sind ihrem geringen Durchmesser zufolge sensible Elemente (Reichert, Kölliker); sie werden das sogenannte Muskelgefühl zu vermitteln haben. Wie sie endigen, ist zweifelhaft, im Muskel selbst sind ihre Endigungen bis jetzt nicht nachzuweisen. Es wäre nicht unmöglich, dass sie nur die Gefässnerven gleichsam benutzten, um vermittelst derselben zu ihrem Endigungspunkte zu gelangen. Dafür spricht der Umstand, dass ich bei einer zu anderen Zwecken unternommenen Präparation der Gefässnerven der unteren Extremität des Menschen constant 2—3 Vater'sche Körperchen in dem Abgangswinkel der A. profunda femoris von der A. cruralis beobachtete. Die sensiblen Fasern, welche in diesen ziemlich grossen Körperchen endigen, sind schon in den Stämmchen der Gefässnerven neben der A. cruralis nachweisbar.

Diejenigen Arterien, welche die beschriebenen stärksten Nervenstämmchen erhalten, sind im M. retractor bulbi der Katze mit blossem Auge sichtbar, die Endvertheilung der blassen Fasern ist an Arterien, deren Umfang 0,17—0,2 Mm. beträgt, am deutlichsten zu erkennen. Die Remak'schen Fasern haben etwa 0,002, die dunkelrandigen 0,0035—0,004 Durchmesser. In den Augenmuskeln des Menschen findet man dieselben Dimensionen der Nervenfasern.

Es ist somit nachgewiesen, dass die motorischen Nervenfasern in Endplatten endigen. Bisher war der einzige Ort, wo die Endigung von Nerven, welche den in den vorderen

Rückenmarks-Wurzeln verlaufenden Fasern entsprechen, mit Sicherheit bekannt war, die im electrischen Organ einiger Fische. In diesen Organen endigt jede Nervenfaser in sogenannten electrischen Endplatten, welche bei Malapterurus 0,7 — 1,6 Mm. Durchmesser auf 0,03 Mm. Dicke haben. Leider fehlt mir die eigene Anschauung, um den mannigfaltigen Controversen gegenüber, die nur durch Untersuchung an frischen Präparaten entschieden werden können, eine Analogie der motorischen mit den electrischen Endplatten im Einzelnen durchzuführen. Diese Lücke wird leicht durch Andere, welche die motorischen Endplatten untersuchen möchten, ausgefüllt werden können. Es liegt im Allgemeinen nahe, die Bindegewebsmembran der motorischen Endplatte als Analogon der Blutgefässhaltigen Scheidewände zwischen den electrischen Endplatten anzusehen, da man, abgesehen von der mechanischen Function des Schutzes innerhalb des sich contrahirenden Muskels, den Kernen eine besondere Beziehung zur Ernährung der Formelemente beizulegen gewohnt ist. Was die feinkörnige Substanz betrifft, welche bei den electrischen Platten des Gymnotus auf Querschnitten mit viel gröberen Einkerbungen resp. Zotten versehen erscheint, als bei den motorischen Endplatten, so wird über ihre Function die einfachste Annahme dahin lauten, dass in derselben eine electrische Scheidung stattfinde, sobald die motorischen Nerven durch irgend einen Anlass (physikalische oder chemische Einwirkungen, Reflexe, Willen) aus dem erregbaren in den erregten Zustand übergehen. Der Analogie nach ist die der Muskelfaser zugewandte die p o s i t i v e Seite der Platte. Vorausgesetzt, die Muskelfaser sei ohne Nerven-Vermittelung zur Contraction zu bringen durch Ausgleichung electrischer Spannungen, welche durch ihren Inhalt hindurch stattfinden, so würde die Erregung der Muskelfasern seitens ihrer Nervenfibrillen nicht im Princip verschieden sein von der Erregung, welche alle Fasern eines Muskels von dem Funken einer Leydener Flasche erfahren würden, falls sie von ihren Endplatten getrennt wären. Wenn bei der Muskelfaser die Erregung motorischer Nerven eine Umsetzung von Spannkraft, welche in ihr angehäuft war, in lebendige Kraft (Hebung von Gewichten etc.) bedingt, und die mechanischen Effecte gross erscheinen, weil sehr viele einzelne Form-Elemente zu ihrer Erzielung zusammenwirken, so ist wieder dasselbe Princip im electrischen Organ benutzt. Die in Form von Electricität aus Tausenden von grösseren Endplatten frei werdende lebendige Kraft wird in Folge der besonderen Anordnung des

Organs so vereinigt, dass die tödtlichen Schläge der Zitterfische resultiren. Die physikalisch-experimentelle Untersuchung der electrischen Organe wird um so dringender, da die Hypothese gerechtfertigt erscheint: wenn jene Fische einen Schlag ertheilen, so gerathen vorher nicht nur die electrischen Nerven, sondern auch die zugehörigen Endplatten genau in denselben Zustand, als wenn die anderen Thiere durch Erregung ihrer motorischen Nerven und motorischen Endplatten ihre Glieder zu bewegen beginnen. Es wird sich dann auch die Frage entscheiden lassen, ob die von Meissner beobachtete scheinbare positive Schwankung des Muskelstroms etwa ein Ausdruck für die Entladung der motorischen Endplatten selbst war.

Die räthselhaften pseudo-electrischen Organe scheinen den directen Uebergang zwischen electrischen und motorischen Endplatten anatomisch aufzuzeigen, da ein Beobachter wie Ecker*) die betreffenden Endplatten von Mormyrus labiatus mit wirklicher quergestreifter Muskelsubstanz in Verbindung gefunden hat. Freilich wurde von Max Schultze**) die Richtigkeit der Deutung bestritten.

Ob die „wunderbare Kraftmaschine", wie Du-Bois die quergestreifte Muskelfaser nennt, sich ohne vermittelnden Nerven-Einfluss verkürzen könne, ist eine hundertjährige Controverse. Da man im Retractor bulbi der Katze im vordersten Abschnitt ein Stückchen Muskelsubstanz besitzt, welches keine Endplatten, mithin weder dunkelrandige, noch blasse Nerven mehr enthält, so liegt es nahe, am frisch getödteten Thier dieses Stückchen abzutragen und mit den durch Kühne bekannten Muskel-Erregern (Ammoniakdämpfen etc.) zur Contraction zu bringen. Weil man rasch verfahren muss, so pflegte ich den durch einen Schlag in die Nackengegend betäubten Katzen mit einem horizontalen Sägenschnitt, welcher gerade die oberste Wölbung beider Bulbi tangirte, die Schädel- und Augenhöhlen zugleich zu eröffnen. Auf einer kaum erwärmten Glasplatte gelingt es leicht, bei circa 50 facher Vergrösserung die Contractionen zu beobachten. Wirft man das contrahirte Stückchen in verdünnte Essigsäure von 1—3 %, so ist es bei der Kleinheit desselben sehr leicht, die gänzliche Abwesenheit der Endplatten mikroskopisch zu constatiren. Durch Natron-Zusatz kann man auch mit absoluter Sicherheit darthun, dass keine dunkelrandige Faser mehr in dem Stückchen enthalten

*) Berichte der naturf. Gesellschaft in Freiburg. 1858. Nov. 28.

**) Abhandl. der naturf. Gesellschaft in Halle. 1859. Separat-Abdr. S. 24.

ist. Vorsichtshalber ist es rathsam, nur das vorderste Millimeter des Muskels zu benutzen, obgleich bei grösseren Katzen ein längeres nervenloses Stück zur Verfügung steht. Wollte man annehmen, dass bei aller Sorgfalt der mikroskopischen Beobachtung dennoch die eine oder die andere Endplatte in dem abgeschnittenen Stückchen sich dem Auge hätte entziehen können, so würde man bei der jetzt nachgewiesenen Form der motorischen Nerven-Endigung doch ausser Stande sein, zu behaupten, dass die zurückgebliebenen sehr sparsamen Endplatten einen Einfluss auf alle jene durch Bindegewebe in secundäre Bündel getrennten Muskelfasergruppen, welche im Retractorstück enthalten sind, auszuüben vermöchten. Bei dem Interesse, welches sich an diesen Versuch knüpft, habe ich nicht versäumt, denselben so oft als möglich anzustellen; sobald man die Nervenenden in anderen Muskeln verschiedener Thiere mit derselben Zuverlässigkeit nachweisen kann, wie im Retractor, wird es leicht sein, ein bequemes Object zu ermitteln, um denselben in grösserem Massstabe auszuführen.

In Betreff des Historischen, so ist a priori zu erwarten, dass sich wahrscheinlich hierher bezügliche Beobachtungen auffinden lassen, da es sehr auffallend sein würde, wenn so grosse Gebilde wie die Endplatten den unzähligen Beobachtern, welche früher quergestreifte Muskelfasern untersucht haben, ganz entgangen wären. Wegen der Fische sind die Beobachtungen von Ecker schon erwähnt.

Was die wirbellosen Thiere anlangt, so sind verbreiterte, auf der Profilansicht dreieckig erscheinende Ansätze der Nervenfibrillen an die Muskelprimitivfasern von Doyère*) bei Tardigraden, von Quatrefages**) bei Eolidina etc. beschrieben, und mit Rücksicht auf die Abbildungen ist nicht zu bezweifeln, dass hier das wirkliche Nervenende zuerst gesehen worden ist.

In Bezug auf die Nervenenden in den Froschmuskeln, über welche so mannigfaltige Controversen bestehen, mag es gestattet sein, vorläufig auf eine Abbildung von Margo***) aufmerksam zu machen, die vom frisch und ohne Zusatz untersuchten Muskel entnommen ist. Die Anschauungen, welche Margo im Text entwickelt hat, differiren freilich völlig von

*) Annal. d. sc. natur. 2. Sér. Tom. XIV. 1840. p. 346. Pl. XVII. Fig. 4.

**) Annal. d. sc. natur. Tom. XIX. 1843. p. 300. Pl. XI. Fig. 12.

***) Ueber die Endigung der Nerven in der quergestreiften Muskelsubstanz. Pesth 1862. Taf. I. Fig. 1. p.

diesem sonst naturtreuen Bilde, stützen sich aber auch nur auf die mittelst Reagentien erhaltenen Resultate.

Bei der Untersuchung der Augenmuskeln sämmtlicher oben genannter Säugethiere stösst man sehr häufig auf die bekannten Miescher'schen Schläuche im Innern der Muskelfasern. Sie sind mit ovalen oder halbmondförmigen Körperchen gefüllt und stets von derselben trostlosen Monotonie, über die schon v. Hessling*) klagt, so dass es an diesen Objecten nicht gelingt, etwas über die Entwickelungsgeschichte jener Gebilde an den Tag zu bringen. Einmal fand ich im M. retractor bulbi des Hundes eine unreife Trichina spiralis in ihrer noch nicht verkalkten Kapsel, so dass das Thier offenbar frisch eingewandert war. Die sehr sorgfältige Untersuchung der sonstigen Augenmuskeln, sowie des übrigen Körpers des Hundes, welche theils von mir, theils von den Herren Keferstein und Ehlers ausgeführt wurde, ergab ein negatives Resultat. Es liegt die Annahme nahe, dass diese isolirte Trichine ins Innere der knöchernen Augenhöhle nur mittelst des Blutstroms gelangt sein könne.

Wenn man feinste Stückchen von bluthaltigen Muskeln ohne Zusatz mit starken Vergrösserungen betrachtet, während die Erregbarkeit des Muskels dem Erlöschen nahe ist, so gelingt es, sehr langsam eintretende Contractionen einzelner Fasern zu beobachten. Bei Säugethieren sind die betreffenden Erscheinungen überhaupt schon von Remak genauer studirt worden. Solche sind ganz anderer Art, als die raschen Zuckungen, welche man durch Inductionsschläge hervorruft. Vielmehr sieht man eine bauchige Erweiterung langsam die Muskelfaser entlang laufen, und sobald sie an dem einen Ende angekommen ist, beginnt am entgegengesetzten Ende eine neue, ohne nachweisbare Veranlassung, welche denselben Verlauf nimmt und wie die erste verschwindet.

Diejenigen Scheiben der anisotropen Substanz, welche gerade in den erregten Zustand übergehen, beugen sich convex nach der Stelle hin, die bereits contrahirt ist (Fig. 13, c.). An letzterer ist die Querstreifung dichter geworden; es sind nämlich die Durchmesser der hellen wie der dunkeln Substanz in der Querrichtung der Muskelfaser gleichmässig vermehrt, in der Längsrichtung entsprechend vermindert, der Sarcolemmaschlauch ist in der Profilansicht völlig glatt.

An der Partie, die sich eben zu contrahiren beginnt, wird durch das nach jener Seite hin Convexwerden der Scheiben

---

*) Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie. Bd. V. S. 197.

von anisotroper Substanz eine Einziehung des Sarcolems an den Stellen bedingt, welche der letzteren Substanz entsprechen. Die isotrope, hellere Substanz baucht sich hervor, der Rand des Sarcolemmaschlauches sieht auf dem Profil wie gekerbt aus. Sobald die Contraction völlig eingetreten ist, verschwindet dieses Ansehen. Es muss also die anisotrope Substanz von fester Beschaffenheit sein und der Rand jeder Scheibe derselben an der Innenwand des Sarcolems adhäriren. Denn die Runzelung des letzteren ist nicht durch Annahme von Reibung zu erklären, oder durch Widerstände, die ausserhalb desselben gelegen sind, worauf bekanntlich Bowman und Brücke die windschiefen Biegungen der Scheiben unter anderen Umständen zurückgeführt haben. Auch sind die Krümmungen dafür zu bedeutend, zu regelmässig und constant bei jeder Contraction successive in derselben Weise wiederkehrend. Die beschriebene Einkerbung des Sarcolems an den Stellen, wo die anisotrope Substanz anliegt, ist weder mit einer entgegengesetzten Einziehung an den Rändern der isotropen zu verwechseln, die Brücke*) an todtenstarren Käfermuskeln beobachtete, noch mit der Abhebung des Sarcolems durch eingedrungenes Wasser, welche Bowman**) abbildet. Mit Rücksicht auf die oben angedeutete Theorie der Muskelfaser-Contraction dürfte das festere Angeheftetsein der anisotropen Substanz am Sarcolem auch an der vermuthlich durchlöcherten Stelle, wo die motorische Endplatte anliegt, nicht ohne Interesse sein.

Erläuterung der Abbildungen.

Sämmtliche Figuren sind von mir am Mikroskop gezeichnet, vollständig naturgetreu mit Ausnahme der zum Theil mehr schematisch gehaltenen Querstreifung der Muskelfasern. Wo nichts Besonderes bemerkt ist, war die Vergrösserung 300.

Tafel VI.

Fig. 1 und 2. Motorische Endplatten aus den geraden Augenmuskeln eines kräftigen jungen Mannes, zwei Stunden nach der Hinrichtung ohne Zusatz untersucht.

Fig. 1 gibt die Profilansicht einer Endplatte, in welche zwei doppeltcontourirte Aeste einer Nervenfibrille eintreten; Fig. 2 die Flächenansicht einer solchen, die auf der oberen Fläche der betreffenden Muskelfaser gelegen ist.

---

*) Denkschr. der k. Akad. d. Wissensch. Wien 1858. Bd. XV. S. 80.
**) Todd, Cyclop. of anat. and phys. Vol. III. 1847. Fig. 302.

a. Nervenfaser. b. Kern des Neurilems. c. Blasse Terminalfaser. d. Kern der Bindegewebsmembran der Endplatte. Die Kernkörperchen sind in Fig. 2 besonders deutlich. e Sarcolem. f. Kern des Sarcolems. h. Feingranulirte Substanz der Endplatte. i. Capillargefäss mit einigen Blutkörperchen, sich unter den Muskelfasern hinziehend. k. Nervenfibrille eines Stämmchens, die ebenso verläuft.

Fig. 3. Endplatte in dem Retractor bulbi vom Huhn, ganz frisch ohne Zusatz.

a. Nervenfibrille. b. Knopfförmiges Ende der blassen Terminalfaser, in der feinkörnigen Substanz der Platte gelegen.

Fig. 4. Drei Endplatten aus dem Retractor bulbi der Katze, ganz frisch ohne Zusatz.

A. Profilansicht. Der Rand des Sarcolems ist feingezähnelt an der Stelle, wo die Endplatte anliegt.

B. Reine Flächenansicht; die Nervenfibrille tritt am peripherischen Rande in die Endplatte ein.

C. Profilansicht, während der Focus auf die nach oben gelegene Hälfte der die Muskelfaser umgreifenden Endplatte eingestellt ist. Die Nervenfaser theilt sich in zwei doppeltcontourirte Aeste, welche nach ihrem Eintritt in die Platte in blasse Terminalfasern übergehen.

a. Knopfförmiges Ende der aus dichotomischer Theilung hervorgegangenen Terminalfasern.

Fig. 5. Muskelfaser aus dem M. retractor bulbi der Katze nach mehrtägigem Einlegen in doppelt-chromsaures Kali von 2 %, durch Zerfasern isolirt.

A. Flächenansicht, die Endplatte ist etwas in ihrem Durchmesser geschrumpft, genau kreisrund, die Kerne stehen sehr nahe beisammen, der Inhalt der in das Centrum der Platte eintretenden, noch anhaftenden Nervenfaser ist krümlich geronnen; ebenso der Inhalt der Kerne der Bindegewebsmembran. Das Sarcolem setzt sich unter der Platte fort.

B. Profilansicht derselben Endplatte, nachdem die Muskelfaser durch Verschieben des Deckgläschens um ihre Längsaxe rotirt war. Der Focus ist so eingestellt, dass die Muskelfaser ihre grösste Breite zeigt. Die Nervenfaser, deren Neurilem jetzt zu erkennen ist, frei flottirend. Die Zähnelung des Sarcolems ist deutlich.

a und b. Sarcolem der Stelle, wo die Endplatte aufliegt. c. Nervenfaser. d. Neurilem.

Fig. 6. Querschnitt aus dem Retractor bulbi der Katze nach mehrtägigem Einlegen in Essig von etwa 3 % und Trocknen. Die Muskelfasern haben ihre cylindrische Form zum Theil verloren. Die Kerne des Sarcolems und die interstitiellen Fettkörnchen sind deutlich; Muskelfibrillen-Durchschnitte im Innern des Sarcolems sind nicht zu erkennen.

a. Querschnitt eines aus 19 Fasern bestehenden Nervenstämmchens, das in dem Bindegewebe gelegen ist, welches das gezeichnete secundäre Muskelbündel von den benachbarten trennt. Die Querschnitte der Axencylinder sind deutlich.

b. Endplatte mit den Kernen ihrer Bindegewebsmembran. Die feinkörnige Masse ist durchsichtig geworden. c. Querschnitt einer zu der Endplatte gehörigen, doppeltcontourirten Nervenfibrille, deren Eintrittsstelle in einer anderen Ebene gelegen war. d. Querschnitt einer auffallend dünnen Muskelfaser, vielleicht eines Astes einer getheilten Muskelfaser.

Fig. 7. Sieben Endplatten, mit welchen sich ein Nervenstämmchen an eben so viele Muskelfasern vertheilt. Aus dem Retractor bulbi der Katze nach 24stündigem Einlegen des ganz frischen Muskels in Essigsäure von 1 %. Vergrösserung 200. Die Kerne des Sarcolems und der Capillargefässe sind weggelassen.

a. Endplatte mit centraler Insertion der Nervenfaser in der reinen Profilansicht.

Fig. 8. Von demselben Muskel genommener Abschnitt; die Muskelfasern sind abgeplattet und breiter geworden, die feinkörnige Substanz der Endplatten zeigt nur noch sparsame Fettkörnchen. Der Inhalt der Kerne der Endplatte ist geronnen.

a. Endplatte in reiner Flächenansicht mit trichotomischer Theilung der eintretenden Nervenfibrille. Die Platte ist aufgequollen, ihre Form unregelmässig geworden.

b. Profilansicht, die wegen der Abplattung der Muskelfaser zugleich Flächenansicht ist; so erscheinen die Endplatten am häufigsten bei der Untersuchung von Muskeln, die in verdünnten Säuren gelegen haben. Das Sarcolem setzt sich unter der Platte fort.

c. Capillargefäss mit Kernen.

Fig. 9. Muskelarterie aus einem geraden Augenmuskel des Menschen, nach mehrtägigem Einlegen in Essig. Im Bindegewebe.

a. Adventitia mit Kernen. b. Kerne der glatten Muskelfaserzellen. c. Faltungen der Intima. d. Nervenstämmchen, welches die Arterie begleitet, aus einer Bindegewebs-Umhüllung, einer schmalen dunkelrandigen Fibrille und e. fünf blassen, Kerne führenden Nervenfasern bestehend. Eine der letzteren (f.) tritt durch die Adventitia der Arterie, um in der Muscularis zu endigen.

Tafel VII.

Fig. 10. Eines der vier Muskelbündel, aus denen der Retractor bulbi der Katze zusammengesetzt ist, nach Einlegen in Essigsäure von 25 %. Vergrösserung 2. a. Eintretende Nervenstämme.

Fig. 11. Die Nervenverbreitung in den beiden mittleren Vierteln der Länge eines solchen Muskelbündels, welches in Chlorwasserstoffsäure von 0,2 % gelegen hatte; bei 15facher Vergrösserung. Die Muskelfasern sind nicht angegeben, sie verlaufen parallel der Längsrichtung der Nervenstämme.

Fig. 12. Nervenverbreitung in einem Abschnitt desselben Muskels, frisch mit Natronzusatz. Vergrösserung 50. Die Nerven bilden zahlreiche Plexus, früher sogenannte Endschlingen.

Fig. 13. Muskelfaser in dem Retractor bulbi des Schafes, im Stadium der ganz erlöschenden Erregbarkeit, frisch ohne Zusatz untersucht; eine Contractionswelle verläuft in der Richtung des Pfeiles.

a. Kern des Sarcolems.

b. Contrahirte Stelle; die Scheiben der dunklen, anisotropen Substanz sind eng zusammengerückt, die Muskelfaser selbst dicker als vorher.

c. Beginnende Contraction; die Scheiben werden nach der contrahirten Stelle hin convex, das Sarcolem baucht sich am Rande an den der hellen, isotropen Substanz entsprechenden Partien aus.

d. Nicht contrahirte Stelle; die dunkleren Scheiben sind etwas schmaler als die helleren.

Zusatz.

Während der Correctur habe ich noch die Gelegenheit, eine Priorität gegen mich aufzuführen, da ich darauf aufmerksam gemacht werde, dass Rouget (Compt. rend. 1862. II. S. Nr. 13) die Endplatten (pl. nerv. term.) bereits beschrieben habe. Seine Mittheilung enthält jedoch einige Unrichtigkeiten, wie aus der obigen Darstellung hervorgeht, an welcher ich festhalte.

Was den Frosch anlangt, so sind in den Augenmuskeln, so viel meine noch nicht abgeschlossenen Untersuchungen lehren, die Endplatten kleiner und haben keine Kerne oder höchstens einen, weshalb sie schwerer zu sehen sind. — Auch die von Lüdden (Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie Bd. XII. S. 482) im Hautmuskel der Ratte beobachteten Körperchen werden Endplatten gewesen sein. — In den langen Extremitätenmuskeln der Katze haben alle quergestreiften Muskelfasern die Länge von 1—4 Cm. An den Ursprungs- und Insertionsstellen des Muskels finden sich abgerundete Enden der Muskelfasern, im Uebrigen sind letztere durchweg spindelförmig, beiderseits spitz zulaufend, seltener baumförmig verästelt. Jede Muskelfaser erhält nur eine Endplatte in der Mitte ihrer Länge. Die Isolirung geschieht mittelst successiven Einlegens in Salpetersäure und Glycerin; vorzugsweise wurde der zweite Kopf des sogenannten Biceps femoris benutzt.

Ueber Lymphgefässe im Colon der Katze.

Von

W. Krause.

(Hierzu Tafel VIII.)

In physiologischer Beziehung ist die Frage von Interesse, ob die im Dickdarm unzweifelhaft stattfindende Resorption allein mittelst der Blutgefässnetze geschieht, oder ob sich auch Lymphgefässe daran betheiligen.

Durch Mittheilungen von His*) und Frey**) ist es bekannt, dass bei Pflanzenfressern (beim Schaf, Kalb, Kaninchen, auch beim Menschen nach His; beim Schaf, Kalb, Kaninchen, Meerschweinchen nach Frey) ein ausgebildetes, in verschiedener Form angeordnetes System von oberflächlichen Lymphgefässen in der Dickdarm-Schleimhaut vorhanden ist. Beim Schaf umspinnt dasselbe die Lieberkühn'schen Drüsen und es finden mit dem tiefen Netz im submucösen Gewebe nur sparsame, zwischen den Drüsen verlaufende Anastomosen statt. Dass die analogen Lymphgefässe durch die bisherigen Injectionen noch bei keinem Fleischfresser aufgefunden sind und Frey's Versuche an der Katze resp. dem Hund erfolglos blieben, muss zufälligen Umständen zugeschrieben werden.

Bei Gelegenheit einer anderen Arbeit untersuchte ich den Dickdarm der Katze mit Hülfe der bekannten Methoden: Einstich in die Region der Lymphgefässe und Injection von Leim und Chromgelb. Kalte Injectionsmassen, wie sie Frey empfohlen hat, wurden hierbei nicht benutzt, weil diese Unter-

*) Untersuchungen über den Bau der Peyer'schen Drüsen. Leipzig 1862. S. 21.

**) Vierteljahrsschr. d. Züricher naturf. Gesellschaft. Bd. VII. Sitzung vom 2. Juni 1862. Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie. Bd. XII. 1862. S. 336.

suchung bereits abgeschlossen war, als die zweite Mittheilung von Frey erschien. Es mag noch bemerkt werden, dass die etwas theuere Mischung von Leim und Chlorsilber die elegantesten Präparate für die Demonstration darzustellen gestattet.

Bei der Katze findet sich in den Interstitien der Lieberkühn'schen Drüsen der oberen Dickdarmpartie ein oberflächlich und parallel der Schleimhaut-Ausbreitung gelegenes System von anastomosirenden Lymphgefässen, welche keine Klappen besitzen. Sie sind von unregelmässig cylindrischer, etwas abgeplatteter Form und stellenweise welligem Verlauf; sie communiciren durch sehr sparsame, gestreckte, zwischen den Drüsen verlaufende Aeste mit dem tieferen Netze im submucösen Gewebe, welches stärkere Stämmchen enthält und wie bei den übrigen Säugern beschaffen, übrigens viel weniger reichhaltig ist, als das des Dünndarms. Von den injicirten Stellen aus gelingt es leicht, auch die Lymphgefässstämme des Mesocolon theilweise zu füllen. Davon abgesehen, so ist eine Verwechslung von Lymphgefässen mit Extravasaten nicht mehr möglich, sobald man nur einmal ein gefülltes Netz mit seinem charakteristischen Verhalten gesehen hat. Die Lymphcapillaren des oberflächlichen Netzes lassen öfters Maschen zwischen sich, in denen eine einzige Lieberkühn'sche Drüse gelegen ist, meistens sind deren zwei oder drei in einer solchen Masche enthalten. Letztere befinden sich in einiger Entfernung von der freien Schleimhautoberfläche, und wie überall, sind die Blutcapillarnetze der Oberfläche näher gelegen. Die kurzen, kolbigen Ausläufer, von dem Maschennetz nach der freien Oberfläche hervorragend, wie sie His und Frey beim Schaf etc. beobachtet haben, sind bei der Katze relativ noch kürzer und sparsamer vorhanden. Der Durchmesser der injicirten Lymphgefässe nahe der Oberfläche betrug bei einer halbjährigen Katze 0,028 — 0,034 Mm., also etwa das Vierfache von dem der Blutcapillaren daselbst, ebenfalls im injicirten Zustande gemessen. Genaueres über die Dimensionen anzugeben, kann hier unterlassen werden, da für die Erläuterung die mitgetheilten Abbildungen (Taf. VIII) genügen dürften; Messungen aber, die an so dünnwandigen, durch Injection ausgedehnten Canälen angestellt wurden, wenigstens in physiologischer Hinsicht doch nur verwerthbar sind, wenn der Druck mindestens vergleichsweise bestimmt werden konnte, der zur Zeit der Injection in den Canälen stattfand. Auch Messungen an der durch Alkohol etc. veränderten Schleimhaut selbst würden nur relative Gültigkeit zu beanspruchen vermögen. Beim Menschen ist

ebenfalls ein oberflächliches Netz vorhanden, dessen vollständige Anfüllung jedoch bis jetzt noch nicht gelungen ist.

Um das Verhalten der solitären Follikel zu den Lymphgefässen zu ermitteln, ist der Dickdarm der Katze kein geeigneter Ort. Ausserdem kann bei Lymphgefäss-Injectionen den negativen Befunden überhaupt kein entscheidender Werth beigelegt werden, selbst wenn es sich um die nicht zu übertreffende Meisterhand eines Hyrtl handelt.

Um so wichtiger sind die positiven Ergebnisse, welche Frey*) rücksichtlich der Lymphbahnen in den Tonsillen, Zungenbalgdrüsen, Peyer'schen Haufen und an den Conjunctiva-Follikeln erhalten hat. Es kann danach keinem Zweifel mehr unterliegen, dass die von mir als normale Lymphfollikel der Conjunctiva beschriebenen und auch beim Menschen aufgefundenen**) Gebilde dem Lymphgefässsystem eben sowohl angehören, wie die Follikel der Lymphdrüsen und der genannten Organe, und folglich physiologischer Natur sind. Dieses auf vergleichend-anatomischem Wege erhaltene Resultat hat durch die neuesten Vervollkommnungen der Injectionstechnik eine unerwartet rasche Bestätigung erfahren, und desto mehr ist daher jetzt die Annahme gerechtfertigt, dass die Solitärfollikel des Dickdarms sich zu den Lymphgefässen nicht anders verhalten werden, wie die der Conjunctiva.

Nachträgliche Bemerkung.

In Geschwülsten lassen sich Lymphgefässe injiciren, die bei Scirrhus und Markschwamm in den Bindegewebsbalken des Stroma verlaufen. Erweiterte Lymphgefässe fanden sich nahe unter der Haut in einer grossen Schamlippe, deren Cutis die Decke für ein mehrere Pfund wiegendes Myxom bildete. Von diesen 0,1 Mm. messenden Gefässen aus hatten sich grössere Stämme mit Leimmasse gefüllt; dieselben verliefen zwischen der Geschwulst und der Haut, im Allgemeinen den Blutgefässen folgend; sie besassen zierliche, rosenkranzförmige Anschwellungen, eine sehr dünne, mit dem Messer isolirbare Wandung und Klappen. Sie hatten 1—2 Mm. Durchmesser und anastomosirten mit einander; die Länge der Stämme, soweit sie gefüllt waren, betrug mehr als 5 Cm. Weitere Mittheilungen werden vorbehalten.

---

*) A. a. O. Bd. VII. Sitzung vom 17. Nov. und 15. Dec. 1862.
**) Die terminalen Körperchen S. 114. Anat. Untersuchungen S. 150.

Erklärung der Tafel.

Fig. 1—3. Lymphgefässe in der Schleimhaut vom oberen Ende des Colon der Katze, mit Leim und Chromgelb injicirt; der Darm wurde dann in Alkohol gehärtet, die mikroskopischen Präparate mit Glycerin etc. durchsichtig gemacht. Die Zeichnungen sind mit Hülfe der Camera lucida entworfen. Vergrösserung 100.

Fig. 1. Senkrechter Durchschnitt. a. Oberflächliche Lymphgefässe, von denen nur ein einziges auf einem genau senkrechten Schnitte sichtbar ist. Bei b ist der Schnitt ein wenig schräg gefallen, so dass die Schleimhaut etwas von oben gesehen wird, und die Mündungen der Lieberkühn'schen Drüsen erscheinen. c. Kurzer, blinder Ausläufer, nach der freien Schleimhautoberfläche hervorragend. d. Lymphgefässe im submucösen Bindegewebe. e. Ein durchschnittener Verbindungsast zwischen dem oberflächlichen und tiefen Netze.

Fig. 2. Oberflächliches Netz der Lymphgefässe von der Fläche gesehen. In den Maschen die Mündungen der Lieberkühn'schen Drüsen, die nicht genau in der Focalebene des Mikroskops liegen.

Fig. 3. Tiefes Netz der Lymphgefässe im submucösen Gewebe von der Fläche.

Fig. 4. Lymphgefässe im submucösen Gewebe der oberen Colonpartie eines Kaninchens, in derselben Weise dargestellt. a. Blinder, kolbiger Ausläufer, gegen die freie Schleimhautfläche hin hervorragend.

Untersuchungen über den feinern Bau der Vogelmilz.

Von

Dr. A. Timm in Altona.

(Hierzu Tafel IX.)

Die zahlreichen Untersuchungen, welche zur Erforschung des mikroskopischen Baus der Milz vorgenommen sind, haben bis jetzt noch nicht den Erfolg gehabt, zu unzweifelhaften Aufschlüssen über die histologischen Verhältnisse der verschiedenen Bestandtheile der Milz zu führen. Es herrschen vielmehr Ansichten, zum Theil direct mit einander in Widerspruch stehend, die, von verschiedenen Forschern aufgestellt, mit verschiedenem Glück bekämpft und vertheidigt, sich den Rang streitig machen, ohne dass bis jetzt eine einzige derselben sich eine unbestrittene Anerkennung errungen hätte. — Und dies gilt nicht allein von dem einen oder andern, sondern fast von allen die Milz zusammensetzenden Bestandtheilen: es gilt eben sowohl von dem Verhalten der Lymphgefässe, wie von dem der Malpighischen Körper, besonders aber gilt es von dem Verhalten der Blutgefässe, welche immer von neuem untersucht, immer anders gefunden und gedeutet, noch heute eine offene Frage darstellen.

Bei der grossen Schwierigkeit, welche anerkanntermassen eine mikroskopische Untersuchung der Milz bietet, welche sich deutlich genug ausspricht in der Mangelhaftigkeit der biz jetzt gewonnenen Aufschlüsse, dürfte jeder, auch der kleinste Beitrag zur Vermehrung unserer Kenntniss dieses räthselhaften Organs den Fachgenossen willkommen sein. — Mit dem grössten Interesse ergriff ich daher die Gelegenheit, etwas zur Beant-

wortung jener unerledigten Fragen beisteuern zu können, als mir Prof. Dr. Müller vorschlug, den mikroskopischen Bau der Milz zum Gegenstand meiner Untersuchungen zu machen und beschloss, da mir nur der kurze Zeitraum eines Semesters zu Gebote stand, einige Verhältnisse der Vogelmilz näher festzustellen, als es bisher geschehen ist.

Da in dem Werke Gray's: On the structure and use of the spleen. London 1854 die entsprechende Literatur bis zu jener Zeit ausführlicher mitgetheilt ist, so werde ich in dem Folgenden nur das genauer berücksichtigen, was in den Arbeiten von Gray, Billroth, Sasse, Schweigger-Seidel, Axel-Key und Stieda von speciellerem Interesse für unsern Gegenstand ist.

Gray erwähnt von dem Verhalten der Gefässe in der Vogelmilz nur kurz, dass sie eine ganz ähnliche Anordnung zeigen, wie bei den Säugethieren*). Nachdem er bei diesen das Zerfallen der grösseren Arterien in jene pinselförmigen Büschel beschrieben, fährt er fort: „Das oft geleugnete capillare Netz im Innern der Milz besteht aus einem Geflecht kleiner Gefässe (von $^1/_{3000}$ bis $^1/_{12000}$ Zoll Durchm.). Diese Capillaren finden sich in der Substanz der Pulpa und in dem Theil derselben, welcher die Malp. Körper berührt, bilden sie einen deutlichen Gefässplexus um dieselben. Trotz der ausserordentlichen Kleinheit der Gefässe sind die dazwischen liegenden Maschen relativ gross. Er ist nach sorgfältiger Untersuchung zu dem Schluss gekommen: „that the capillaries terminate by becoming continuous with the smaller venous trunks.“ Einige der Capillaren indess werden allmälig immer kleiner, ihre Wand wird zarter und geht schliesslich ganz verloren, „the injected material then escapes into interspaces in the pulp parenchyma, the walls of which are merely formed by the elements of this substance“; schliesslich scheinen sie mit den Venen zusammenzuhängen, von denen einige als Intercellularräume beginnen, durch die sie mit einander communiciren.

In Bezug auf die Structur hat er keinen Unterschied zwischen den Arterien der Milz und denen anderer Organe gefunden. Die feinsten Capillaren bestehen nach ihm aus einem zarten homogenen Gewebe, an oder in dessen Wand ovale oder rundliche Kerne eingebettet sind.

Die Venen entstehen nach ihm auf dreierlei Weise:

1) as continuation of the capillaries of the arteries;

---

*) A. a. O. p. 303.

2) by intercellular spaces, by which they communicate with each other;

3) by distinct coecal pouches*).

ad 2) bemerkt er, dass an den Venen, wenn sie bis auf $^1/_{500}$—$^1/_{1000}$ Zoll Durchm. herabgesunken sind, die Wand, welche ausserordentlich dünn und zart ist und allein aus der Vereinigung der Epithelzellen gebildet wird, sich nicht weiter verfolgen lässt. Die Gefässe verlieren sich in der Pulpa in einer Weise, dass die ganze hindurchgehende Masse „must pass through spaces between the elements of this tissue, no direct communication by means of tubes with membranous parietes existing between the smaller branches of the veins.“ — Dieser eigenthümliche Ursprung der Venen ist der bei weitem häufigste, am seltensten findet sich der blindsackartige Anfang**).

Ueber das Verhältniss zwischen den Venen und den Malp. Körpern sagt er: Each Malp. body is completely enclosed by an imperfect capsule formed by the small primary veins. Diese Gefässe, die beträchtlich gross sind, beginnen auf der Oberfläche jedes Körpers in seinem ganzen Umfange und vereinigen sich vom mittleren Theil ausstrahlend mit ähnlichen Zweigen entweder auf der Oberfläche oder gegen die Peripherie hin. Diese Venen münden in die benachbarten der Pulpa ein***).

Das Verhältniss zwischen Capillar-Arterien und Malp. Körpern besteht nach ihm darin, dass die äussere Oberfläche der Malp. Körper von einem äusserst feinen, dichten Capillarnetz umgeben ist, welche von den den Körpern anliegenden Arterien herkommen†). In Bezug auf die Arterien, so finden sich die Malp. Körper meistens im Bifurcationswinkel, seltener an der Seite der Gefässe, in sehr seltenen Fällen endlich stehen sie mit demselben durch einen Stiel in Verbindung. Bei den Vögeln bemerkt er ausdrücklich: The vessels do not apparently traverse the substance of these bodies.

Die äusserst feine Membran, welche die Malp. Körper bei den Vögeln umgibt, hat nicht dasselbe Aussehen, wie bei den Säugethieren und wird augenscheinlich nicht von den Hüllen der anliegenden Gefässe gebildet, da die faserige Structur der Hüllen sehr deutlich ist, während sie sich nicht findet in der Membran der Malp. Körper.

---

*) A. a. O. p. 118. 119. 120. 124.

**) A. a. O. p. 127.

***) A. a. O. p. 131.

†) A. a. O. p. 299. 300.

Nach Billroth*) zeichnet sich die Milz der Vögel aus durch besonders deutliche, als weisse Körnchen erscheinende Milzkörperchen, die selten vorwiegend die Milzsubstanz zusammensetzen.

Beim Wasserhuhn, der Ohreule und Schnepfe fand er rundlich ovale und unregelmässige Körper von 0,05—0,03 Mm. Durchm., die mit den Gefässen innig zusammenhängen. Die Membran dieser Körper ist structurlos oder feinfaserig kernhaltig. Wenn das Gefäss dem Körper anliegt, was nur selten der Fall ist, so hängt die Kapsel des letzteren immer innig mit der Gefässhaut zusammen. Der Inhalt besteht aus kleinkernigen, feingranulirten, runden und verästelten Zellen. Die Gefässe gehen durch die Körper und verästeln sich mit ihnen, so dass die Aeste wieder aus den Körpern hervortreten. Zuweilen begleiten die (in den meisten Fällen unzweifelhaft geschlossenen) Kapseln das Gefäss eine Strecke röhrenförmig und setzen sich dann nicht selten sofort in eine daranliegende Kapsel fort. — In welchem näheren Verhältniss das durchtretende Gefäss zu dem Inhalt der Kapseln stand, konnte er nicht herausbringen. Er stellt nur die Möglichkeit hin, dass das durchtretende Gefäss im Innern der Kapsel Oeffnungen besitze, durch welche die „eventuell neugebildeten Körperchen" eindringen und so in den Kreislauf gelangen. Die Kapseln scheinen ihm nicht den Malp. Körpern zu entsprechen, weil sie nur einen Theil der weissen Milzsubstanz zusammensetzen. Dieselben stehen bei den Vögeln nicht mit Lymphgefässen in Verbindung. Bei der Taube, Krähe, Elster, beim Kibitz und bei mehreren Finken- und Meisenarten, welche er nur kurz erwähnt, scheint er keine Kapseln gesehen zu haben.

Ausser diesen Kapseln fand Billroth in der Vogelmilz, dass die ganze übrige Substanz aus einem sehr feinen, engen Netzwerk besteht, welches selbst wieder aus isolirbaren kernförmigen Zellen zusammengesetzt ist. Auch bei den Vögeln verlieren sich nach ihm die Gefässe in dies Netzwerk, doch kann er keinen genaueren Aufschluss über das genauere Verhalten des schliesslichen Zusammenhangs geben, da dasselbe hier noch undeutlicher ist, als selbst bei den Fischen.

Schweigger-Seidel**) schliesst sich im Ganzen der Billroth'schen Beschreibung des intervascularen Netzes an.

Die capillaren Venen (oder, wie er es lieber nennen will: das venöse Capillarnetz) stellen runde oder längliche Canäle

*) Beiträge zur vergleichenden Histologie der Milz. Müller's Arch. Jahrg. 57. S. 95—97.

**) Disquisitiones de liene. Halis. 1861. S. 21—23 u. 30.

dar, die durch das Auseinanderweichen des Bindegewebes hervorgerufen zu sein scheinen; beim Hunde hat er deutlich ein solches venöses Capillarnetz gesehen, das nur von spindelförmigen Zellen bekleidet war, ohne fibrae circulares terminantes; beim Kaninchen hat er feine Gefässe von 0,031—0,014 Mm. Breite isolirt, die nur aus spindelförmigen Zellen bestanden, umgeben von einem spärlichen Balkennetz.

Wenn man genauer zusieht, so findet man nach Schweigger-Seidel auch die feinsten aus den Malp. Körpern austretenden Gefässe von einer Lymphscheide umgeben und ebenso sind die Capillaren in einem Balkennetz gelegen. Die Arterien sind also bis zu ihren feinsten Reiserchen von demselben Balkennetz umgeben und dies ist eben jenes intervasculare Gewebe, welches die Venencanäle begrenzt und unter sich verbindet.

Die sogenannte rothe Pulpa besteht aus feinen Venencanälen und dem Balkennetz, durch welches sie verbunden werden. Im Gegensatz zu einigen anderen Forschern nimmt er an, dass die Capillaren direct mit den Venencanälen zusammenhängen. — Nach dem, was er gesehen, glaubt er einen Zusammenhang zwischen den capillaren Venen und dem intervascularen Netz nicht annehmen zu dürfen.

Nach Axel-Key*) gehen die Arterien in Capillaren über, aus denen sich die Venen entwickeln, die überall ihren Anfang in den Capillaren haben.

Die Venen senden dicht und fast rechtwinklig nach allen Seiten kleine Zweige ab, welche im Allgemeinen rasch in Capillaren sich auflösen. Selbst in die stärkeren Aeste münden viele Capillaren ein. Die nach der Abgabe jener Zweige beträchtlich verschmälerten Venen lösen sich dann schnell in ihre Endäste auf, welche in Capillaren übergehen.

Beim Kalb bestehen die Wände der feinsten Venen aus deutlich doppeltcontourirten Membranen mit eingeschlossenen Kernen. Von den kernhaltigen Stellen aus sieht man oft feine Fäden verlaufen, welche theils in der Venenwand sich selbst mit einander verbinden, theils in das Fasernetz der Pulpa übergehen, dessen Fäden sich jedoch oft an die Venenwand ansetzen, ohne dass ein Kern dort zu sehen ist. Die kleinen, bekanntlich in die Pulparäume eintretenden Arterien tragen auch an den feinsten Reisern wenigstens eine Belegung von zerstreuten Spindelzellen, welche der Wand dicht anliegen. Die Arterien geben seitlich, ohne sich zu verschmälern, Zweige

*) Zur Anatomie der Milz. Virchow's Archiv, Heft 5 u. 6. S. 568 bis 578.

ab, welche in Capillaren übergehen oder mit anderen Zweigen anastomosiren. Die Arterien selbst lösen sich dann gewöhnlich auf einmal in drei oder mehr kleine Zweige auf, welche in die Pulpacapillaren übergehen. Die capillaren Verbindungen zwischen Arterien und Venen sind oft sehr kurz; wenn nur einer der Verbindungszweige zugleich etwas gröber ist, so geht bei der Injection die Masse leicht in eine Vene über, ohne dass das Capillarnetz in grösserer Ausdehnung sich füllt.

Die Wandungen der eigentlichen Capillaren (deren Durchm. beim Kalbe 0,0062—0,0093, beim Menschen 0,0062—0,0186 Mm.) sind äusserst zart und fein, unter günstigen Umständen lässt sich nur an einzelnen eine doppeltcontourirte Membran wahrnehmen. — In den Capillaren liegen den Lymphkörperchen gleiche Zellen; dieselben haften an der Capillarwand oder liegen frei in den Maschenräumen.

In hyperplastischen Zuständen der Milz bilden die in den Maschen dicht gedrängt liegenden Körper ein mit dem Capillarnetz verwebtes zusammenhängendes Balkenwerk. Aus diesem Netzwerk bilden sich gröbere, von den Capillaren umsponnene intervasculäre Gänge, wie es scheint ohne eigene Wandung. Er hält diese für Lymphgänge des Lymphsystems, welche sich in der Pulpa überall mit dem Capillarnetz verweben. Die Neubildung von Zellen geht überall in diesen Maschenräumen vor sich.

Das Fasernetz liegt theils an den Capillarwandungen, theils zieht es frei durch die Maschen. Es besteht aus feinen Fäden, welche vielfach anastomosirend an den Knotenpunkten kernhaltige Anschwellungen tragen. Die Malp. Körper sind nicht durch eine doppeltcontourirte Membran abgeschlossene Follikel. Sie sind von einem Fasernetz durchzogen, welches mit dem der Pulpa übereinstimmt und an der Peripherie zusammenhängt. Andererseits geht es in die Tunica adventitia der Arterien über, deren innerste Schicht nicht an der Auflösung in das Netzwerk Theil nimmt, während dies besonders die mittlere zu thun scheint. Die Maschen der Capillaren sind in den Malp. Körpern grösser und die Lymphkörper in grösserer Anzahl vorhanden, als in der Pulpa. Er hält die Malp. Körper „für eine Art localer Hyperplasie der Tunica adventitia.“ Aus einem Malp. Körper, an dem Vene und Arterie, nicht aber die Capillaren injicirt waren, sah er ein Gefäss sich entwickeln, das strotzend mit Lymphkörperchen gefüllt war; er zweifelt nicht, dass dies ein Lymphgefäss war.

Die Arterien verlaufen am häufigsten im Innern der Körper

(central oder etwas seitlich). Sehr häufig sitzen die Körper an den Theilungsstellen der Arterien.

Stieda*) beschäftigt sich allerdings fast ausschliesslich mit der menschlichen Milz, doch ist auch hier diese Arbeit deswegen von Interesse, weil sie, die neueste auf diesem Gebiet, sich mit grosser Entschiedenheit über das Verhalten des Gefässsystems ausspricht.

Die gleichmässige Färbung injicirter Milzen ist nach ihm der Ausdruck eines unregelmässigen Netzes breiter (0,0099—0,0033 Mm.), aus Injectionsmasse gebildeter Fäden, dessen Maschenräume so eng sind, dass nur ein, höchstens zwei Zellen darin Platz haben. Dieses Netzwerk hält Stieda nun für die mit Injectionsmasse gefüllten Intercellularräume der Milzpulpa, weil er

1) nie irgend welche Wandungen an diesen Fäden zu Gesicht erhalten,

2) an nicht injicirten Milzen auch nicht die geringste Andeutung von zwischen den Zellen befindlichen Canälen zu sehen vermochte, sondern stets nur an injicirten dies Netzwerk sehen konnte,

3) niemals durch Injection von den Venen aus die Arterien füllen konnte.

In dieses von Stieda sogenannte Intercellularnetz münden die feinsten Aeste der Arterien des Pulpagefässnetzes, und diejenigen, welche aus den Malp. Körpern austreten, ein, in der Nähe der letzteren füllt sich daher bei der Injection das Intercellularnetz am ersten. — Das Intercellularnetz schliesst sich andererseits ohne deutliche Grenzen an die Venenanfänge an, so dass nur ein offener Beginn dieser anzunehmen ist.

Das Resultat seiner Untersuchungen ist: „Zwischen dem arteriellen Netz (capillare Arterien) und den Anfängen der Venen besteht die Verbindung durch die Intercellularräume der Intercellulargänge der Milzpulpa, welche an injicirten Milzen sich als Intercellularnetz darstellen.“

Meine eigenen Untersuchungen über den Bau der Vogelmilz habe ich an folgenden hierher gehörigen Thieren angestellt:

Krähe (Corvus frugilegus);
Huhn (Gallus domesticus);
Eule (Strix flammea, Otus vulgaris, Strix aluco);
Staar.

Die Untersuchungen wurden vorgenommen:

*) Zur Histologie der Milz. Virchow's Archiv Bd. 24. Heft 5 u. 6.

an ganz frischen Milzen;
an in Chromsäure und dann in Alkohol gehärteten Milzen;
an imbibirten Schnitten theils einfach gehärteter, theils injicirter Milzen;
an Milzen, die mit verschiedenen Reagentien behandelt waren.

Die Injection wurde ausgeführt mit Gelatine, die durch Berlinerblau oder Carmin durchsichtig blau oder roth gefärbt war; die Imbibition nach der bekannten Gerlach'schen Methode.

Ich werde nun zunächst das mikroskopische Aussehen der frischen, der einfach gehärteten, der imbibirten, der imbibirten und injicirten Milzpräparate, wie ich es bei den einzelnen Vögeln fand, beschreiben und dann die Deutung des Befundes folgen lassen.

I. Krähe (Corvus frugilegus).

Die Milz der erwachsenen Krähe ist sehr gross; dieselbe hat eine längliche, cylindrische Gestalt, deren Enden sich nach unten und oben konisch verjüngen. Dem äusseren Ansehen nach besteht sie grösstentheils aus rundlichen, grauweissen Körpern, welche durch schmale, braunröthliche Parenchymlagen von einander getrennt werden. Bei den jungen Thieren, welche ich untersuchte, fanden sich diese Körper etwas spärlicher.

Bringt man ein Stück frischer Milz ohne jeglichen Zusatz unter das Mikroskop, so sieht man dicht gedrängt eine Menge ovaler Blutkörperchen und runder, stärker oder schwächer granulirter Körperchen, welche ich mit dem indifferenten Namen der Milzkörperchen bezeichnen werde. Diese Milzkörperchen bieten in der Mehrzahl das Aussehen runder Kerne mit einem oder mehreren glänzenden Kernkörperchen; ihr Durchmesser beträgt 0,0036—0,0048—0,0073, im Mittel 0,0052 Mm. Ausser diesen Milz- und Blutkörperchen sieht man einzelne Gefässe, der Structur nach arterieller Natur, leicht kenntlich an der deutlichen Ringmuskelschicht, auffallend durch die dicke, dicht mit Zellen infiltrirte Adventitia. Eine dieser Arterien hatte eine Breite von 0,048 Mm.

Die Breite der Adventitia betrug 0,012 Mm.
„ „ „ Muscularis „ 0,006 „
„ „ des Lumens „ 0,012 „

Nach Zusatz von Wasser hellt sich das ganze Präparat auf, die Zellen quellen etwas auf, verlieren das granulirte Ansehen und bieten nun ein mässig lichtbrechendes, homogenes

Aussehen. Ihr Durchmesser beträgt im Mittel jetzt 0,006 Mm. Um einige freischwimmende sieht man eine feinkörnige Masse gelagert, an anderen sieht man feine, blasse, fadenförmige Anhänge.

Nach Zusatz von Essigsäure trübt sich das Präparat schon makroskopisch sichtbar. Man bemerkt jetzt zahllose Kerne mit deutlichen, zum Theil zahlreichen Kernkörperchen mit dunklem Contour. Die Kerne von rundlicher Form haben einen Durchmesser von 0,0036—0,0048—0,0060, im Mittel von 0,0048 Mm. Die überwiegende Mehrzahl derselben zeigt jetzt eine runde oder der rundlichen sich annähernde Gestalt, dazwischen finden sich einige ovale und elliptische mit ein bis zwei glänzenden Kernkörperchen, die in der Nähe der Pole stehen, von 0,0060 Mm. Länge und 0,0030 Mm. Breite. Zwischen diesen Kernen ist eine körnig-streifige, stellenweise sehr ausgesprochene Gerinnung sichtbar. Am Rande sieht man einzelne deutliche Capillaren von 0,007 Mm. Durchmesser vorragen, an deren Wand stark granulirte Kerne dicht neben einander stehen.

Ueber das gegenseitige Lagerungsverhältniss dieser Theile lässt sich an dem frischen Präparat keine bestimmte Aufklärung gewinnen, ich wende mich deshalb sogleich zur Mittheilung der Beobachtungen, welche ich an gehärteten und imbibirten Präparaten gewonnen habe.

An einem dickeren Totalquerschnitt der gehärteten und mit Carmin imbibirten Krähenmilz sieht man theils rundliche, theils ovale intensiv rothe Stellen in eine dunklere, mehr braunrothe Zwischensubstanz eingelagert. Jene Stellen sind zusammengesetzt aus einer bald grösseren, bald kleineren Zahl von rundlichen, fast gleich grossen rothen Körpern, die zunächst von einem helleren, blasseren, schmalen, wie durchbrochenen Raum umgeben und in unregelmässigen Gruppen gelagert sind. Diese Körper entsprechen den Malp. Körpern, sie sind 0,047—0,064—0,111 Mm. lang und 0,038—0,053—0,074 Mm. breit. Sie bestehen aus einer Anhäufung von Zellen und Kernen, welche so dicht liegen, dass fast keine freien Zwischenräume bleiben, dies bedingt hauptsächlich die intensiv rothe Färbung dieser Stellen. Die Kerne sind von runder oder rundlicher Gestalt, lebhaft roth imbibirt, zum Theil mit glänzenden Körperchen im Innern versehen. Zwischen ihnen findet sich als Bindemittel theils eine feingranulirte, äusserst blass imbibirte Grundsubstanz, theils ein anastomosirendes Netzwerk, welches aus feinen glänzenden Fasern besteht, die den ganzen Körper durchziehen und sich namentlich

an den Knotenpunkten membranartig verbreitern, wo sie theils rundliche, theils dreieckige, durch ihre tiefrothe Imbibition leicht kenntliche Kerne einschliessen. Die rothen Körner enthalten Gefässe, welche quer- und längsgetroffen zur Beobachtung kommen. Diese Gefässe sind zum Theil arterieller Natur; dies wird bewiesen durch den directen Zusammenhang, welchen man an dem einen oder andern mit grösseren Arterien wahrnimmt. Diese durchsetzen den Körper fast alle einfach, ohne sich zu verästeln und sind von ziemlich beträchtlichem Caliber. Zum Theil aber sind sie schmal, von der Breite gewöhnlicher Capillaren, im Innern des Körpers sich theilend, indem sie unter stumpfen Winkeln in mehrere Aeste zerfallen. An den letzteren bemerkt man einen glänzenden doppelten Contour, an dessen Innenfläche man an hinreichend dünnen Schnitten zahlreiche, dicht neben einander reihenweise gestellte Kerne liegen sieht. Sie haben einen sehr constanten Durchmesser, in den meisten beträgt derselbe 0,0064 Mm., nur in sehr wenigen Fällen steigt er bis 0,0074 Mm.

Die Grenze der rothen Körper gegen den umgebenden helleren Saum ist bei der überwiegenden Mehrzahl derselben nicht scharf, eine umhüllende Membran lässt sich an denselben nicht erkennen. Nur bei ganz einzelnen, die sich immer durch ihre Grösse auszeichnen und immer einer grösseren Arterie anliegen, gelingt es, eine deutlichere Begrenzung wahrzunehmen. Diese besteht zum Theil aus Fasern, welche stellenweise Ausläufer ins Innere zu schicken scheinen, zum Theil aber aus spindelförmigen Zellen, welche von der Adventitia der anliegenden Arterie herzukommen scheinen. Der Durchmesser eines solchen Körpers beträgt

für die Länge	0,1178	Mm.
„ „ Breite	0,1007	„
Durchm. der anliegenden Arterie	0,021	„
Lumen derselben	0,0064	„

Meine Beobachtungen bestätigen demnach vollständig für die Malp. Körper der Krähenmilz, was Sasse von ihrem Verhalten beim Menschen und den Säugethieren sagt:

„De kleinste ligchaampjes (als zoodanig gekenmerkt door hunne verhouding tegenover eene kleine slagader met hare takken) zijn bolronde, raste groepjes cellen, die door geene duidelijke membraan van de overige pulpa gescheiden zijn.“

„De wand der grottere ligchaampjes is niet structuurlos, maar eene eenvoudige vortzetting van de scheeden, die de vaten der milt begeleiden.“

Die Körper sind zunächst von einem wie durchbrochenen

Zellenkranz umgeben, der zahlreiche hellere Zwischenräume einschliesst. Diese sind theils rundlich, theils mehr von gestreckter Form, eine oder mehrere Zellenbreiten einnehmend. Die weitere Umgebung der Malp. Körper, welche nach aussen dem helleren Saum folgt, zeichnet sich aus durch eine eigenthümlich gelbrothe Färbung mit einem Stich ins Bräunliche. Sie besteht aus Kernen und einzelnen Zellen. Diese lassen Zwischenräume zwischen sich, welche zum Theil mit Blutkörperchen ausgefüllt sind, welche aber enger sich gestalten, als in der unmittelbaren Umgebung der Malp. Körper. Diese Abwechselung von roth imbibirten Kernen und dunkelgelben Blutkörperchen ist es, wodurch die rothe Farbe der Pulpa an den Imbibitionspräparaten ihren Stich ins Bräunliche erhält. Die Kerne sind theils homogen, theils etwas körnig, von rundlicher oder ovaler Form. Der Durchmesser jener beträgt 0,0024—0,0036—0,0048 Mm.; diese sind 0,0048—0,0060—0,0073 Mm. lang und 0,0036—0,0042 Mm. breit.

Zwischen diesen Kernen, zum Theil mit ihnen im Zusammenhang, liegen glänzende, feine, theilweise doppeltcontourirte Fäden, welche sich in mannigfacher Weise kreuzen und stellenweise zu äusserst zarten, ganz blass imbibirten Membranen verbreitern. Dieses Netz zeigt die grösste Aehnlichkeit mit dem erwähnten, in den Malp. Körpern zwischen den dortigen Zellen und Kernen vorhandenen. Das Netz ist stellenweise so dicht, dass in den Interstitien nur ein bis zwei Zellen gelagert sind, stellenweise etwas weiter, so dass Gruppen von fünf Zellen und darüber in den Maschen sich vorfinden. Die rundlichen und länglichen Maschen, welche, hie und da Blutkörperchen führend, zwischen den Kernen und diesem Fasernetz bleiben, zeigen theils eine blos von den Kernen gebildete Begrenzung, theils sind sie durch einen glänzenden, den Kernen anliegenden Contour umgeben, zum Theil selbst durch eine homogene, sehr feine, äusserst blass imbibirte Membran überkleidet.

Auf einem Querschnitt der injicirten und imbibirten Milz sieht man bei schwacher Vergrösserung zahlreiche in Haufen gruppirte oder einzeln stehende rothe, gefässärmere, mehr oder weniger rundliche Stellen, Malp. Körper, unregelmässig über die Gesammtfläche zertreut. In dem dazwischen liegenden Gewebe bemerkt man ein reich und sparrig verästeltes, feines, violettes Gefässnetz, welches die Malp. Körper in der Weise einschliesst, dass es diesen zunächst am dichtesten ist, in weiterer Entfernung von denselben etwas weitere Maschen einschliesst.

Die Länge der M. K. wechselt zwischen 0,044—0,07—0,111 Mm.
„ Breite derselben „ „ 0,038—0,053—0,074 „

Es ist bemerkenswerth, dass diese Zahlen an den injicirten und nicht injicirten, einfach imbibirten Präparaten so vollkommen übereinstimmen, weil dieser Umstand sehr dafür spricht, dass die Injectionsmasse nicht in abnorme Bahnen gerathen, die Injection mithin als eine gelungene zu betrachten ist, welche getreu das Bild der dem Blut normal vorgeschriebenen Bahnen wiedergibt.

Man sieht bei starker Vergrösserung auch hier, dass die Malp. Körper Anhäufungen von Kernen und Zellen sind, wie sie bei der einfach imbibirten Milz beschrieben wurden; ebenso findet man auch hier das dort erwähnte interstitielle Fasernetz wieder. An einzelnen Stellen ist etwas Injectionsmasse in den Körper von der Peripherie her eingedrungen, welche an dem verwaschenen Contour leicht als zwischen die Zellen eingedrungenes Extravasat erkannt wird. Die überwiegende Mehrzahl der Körper zeigt hiervon keine Spur.

In Bezug auf das Lagerungsverhältniss zwischen Malp. Körpern und Arterien ist zu bemerken, dass man an zahlreichen Stellen grössere Arterien an der Peripherie der Körper findet, während man an anderen Stellen quer- und längsgetroffene Arterien in den Malp. Körpern trifft, durch welche hindurch sie verästelt oder eingetheilt in das umgebende Gewebe hineintreten.

Ausser diesen grösseren arteriellen Gefässen finden sich fast in allen Malp. Körpern Capillaren, welche sich durch mehrere Eigenschaften auszeichnen. Nachdem die Arterie in der Nähe des Malp. Körpers ihre Wand bis auf eine homogene structurlose, von glänzenden Contouren eingefasste, blassrothe Membran verloren hat, beginnt diese Membran mit ihrem Eintritt in den Malp. Körper meistens ziemlich plötzlich sich mit zahlreichen, dicht neben einander reihenweise stehenden Kernen zu infiltriren. Eine solche Capillare bietet, wenn sie durch den Schnitt der Länge nach getroffen wurde, das Bild eines feinen dunkeln Injectionsstreifens, dem zu beiden Seiten eine parallele Reihe dicht auf einander folgender, rother, rundlich ovaler Kerne dicht anliegt, während nach aussen von diesen die Grenze der Membran als glänzender doppelter Contour erscheint. Diese durch die Abwesenheit einer Muskelschicht als Capillaren sich charakterisirenden Gefässe besitzen in den verschiedenen Malp. Körpern einen nahezu gleichen Durchmesser, welcher, wie schon erwähnt, zwischen 0,006 und 0,007 Mm. schwankt. Besonders deutlich sieht man diese

Capillaren da, wo sie am Rande eines Schnittes, wie es nicht selten geschieht, frei hervorragen. Zuweilen gelingt es, dieselben in ununterbrochenem Zusammenhang mit ihrer zugehörigen Arterie zu sehen, während in glücklichen Fällen zugleich ihr Uebergang in das die Malp. Körper umgebende Capillarnetz deutlich ist. — In dieses letztere münden alle in den Malp. Körpern sich verzweigende Capillaren ein. Der Uebergang geschieht theils continuirlich, theils nach vorgängiger gabeliger Theilung am Rande des Körpers, wobei die beiden Aeste unmittelbar in die anliegenden Capillaren übergehen, in der Regel unter beträchtlicher Verdünnung der umhüllenden Membran, die ihr glänzendes Ansehen einbüsst.

Nach aussen sind die Malp. Körper von einem gefässreichen Gewebe umgeben, in dem sich ein dichtes Capillarnetz befindet, das kranzartig um die Körper zunächst herumgelagert sich auf unregelmässige grössere Strecken in die ganze Umgebung fortsetzt. Dieses Capillarnetz schliesst rundliche oder ovale Maschen ein. Dieselben sind zum Theil enge, so dass nur wenige Kerne im Innern derselben Platz haben, in der Regel aber etwas geräumigere, durchschnittlich 0,0048—0,0121 Mm. im Durchmesser. Sie werden ausgefüllt von den schon oben beschriebenen Kernen mit dem interstitiellen Fasersystem, welch letzteres theilweise von den Gefässwandungen seinen Ursprung nimmt.

Die Capillaren selbst bilden ein reichlich anastomosirendes Netzwerk relativ kurzer, meist unter stumpfen Winkeln sich verästelnder Stämmchen von sehr ungleicher Weite an verschiedenen Stellen, indem der Durchmesser von 0,0024—0,0060—0,0103 Mm. schwankt. Diese Ungleichheit des Calibers, die Enge der Maschen, dann die Verästelung unter stumpfen Winkeln geben dem Capillarnetz ein höchst charakteristisches eckiges Ansehen.

Begrenzt werden diese Capillaren zum Theil von glänzenden doppelten Contouren mit eingelagerten ovalen und spindelförmigen, ziemlich dicht an einander liegenden Kernen. Diese, wenig zahlreich, bieten ausser einem grösseren Kernreichthum keinen bemerkenswerthen Unterschied von der Structur gewöhnlicher Capillaren dar. Ein anderer Theil der Capillaren, die Mehrzahl, wird von einer sehr zarten, blass imbibirten, mit Kernen von ovaler und elliptischer Gestalt besetzten Membran begrenzt, welche namentlich an schwächer gefüllten Partien als blasser, sehr dünner Saum die Injectionsmasse umhüllt. Endlich finden sich Capillaren, an Menge die Mitte zwischen den beiden erwähnten einnehmend, an welchen keine weitere

Begrenzung der Injectionsmasse zu sehen ist, als dicht anliegende, theils rundliche, theils elliptische Kerne.

Das Verhalten der Arterien vor ihrem Uebergang in die Capillaren ist dadurch ausgezeichnet, dass sie mit beträchtlicher Verkleinerung ihres Durchmessers sich wiederholt gabelig theilen. Diese Theilung erfolgt in der Regel unter stumpfen oder rechten Winkeln, so dass die Verästelung auch hier ein sparriges Ansehen erhält. Die Arterienzweige verdünnen sich dabei allmälig und treten an und in die Malp. Körper. Sie verästeln sich nun in zwei verschiedenen Weisen. Ein Theil tritt in die Malp. Körper ein, dort die schon beschriebene Capillarverästelung bildend, welche dann in die Pulpacapillaren einmündet. Ein anderer Theil verzweigt sich direct in der Pulpa, indem die feinsten Arterienäste unter wiederholter stumpfwinkliger Verzweigung ihre Muskelschicht verlieren und schliesslich nur von einer kernreichen gewöhnlichen Capillarmembran umschlossen werden, welche rasch ihr glänzendes Aussehen verliert und sich in die kernreichen, blass contourirten Pulpacapillaren fortsetzt.

Die Venenanfänge entstehen meistens in der Weise, dass die Gefässe des Capillarnetzes einen grösseren Durchmesser annehmend ein scheinbar wandungsloses Rohr darstellen, welches sich dann rasch zur breitern Vene mit deutlicher Wandung erweitert. Indess lassen schon jene ersten Venenanfänge, besonders wo die Injectionsmasse geschrumpft oder herausgefallen ist, hier und da eine Begrenzung von theils rundlichen, theils mehr spindelförmigen Zellen erkennen, welche in einfacher Lage das Rohr umgeben. Die Wand der grösseren Venen bietet ein faseriges Aussehen, diese Fasern sind theils schmale, mit runden Kernen versehene gewöhnlichen Bindegewebes, theils breitere bandartige, mit spindelförmigen Kernen versehene, welche man wohl für glatte Muskelfasern halten darf.

Das ganze Venensystem hat in der länglich geformten Krähenmilz seinen Sammelpunkt in einer grossen Centralvene, die der Längsaxe des Organs parallel läuft. Geht man von dieser auf einem Querschnitt aus, so sieht man nach der Peripherie 3—4 grössere, rasch sich verjüngende Venen radiär ausstrahlen. Dieselben verlaufen eine Strecke lang ziemlich gerade, indem sie nur wenige ebenfalls radiär gestellte Aeste aufnehmen. In grösserer Nähe der Kapsel sieht man die meisten dieser Venen rasch fächerförmig in viele kleinere, unter stumpfen Winkeln einmündende, vielfach anastomosirende Reiser zerfallen, welche mit den Capillaren direct zusammenhängen.

Einige Venen jedoch gehen, ohne sich in dieser Weise zu verästeln, bis hart an die Kapsel, wo sie mit dicht unter derselben verlaufenden Randvenen unmittelbar zusammenhängen.

II. Huhn (Gallus domesticus).

Die Milz des Huhns hat eine mehr rundlich-ovale Gestalt, zeigt auf der Oberfläche eine gleichmässig braunröthliche Färbung, die von rundlichen, weisslichen Stellen unterbrochen wird. Diese weisslichen Stellen zeigten sich an den Huhnmilzen, deren ich eine grosse Zahl zu untersuchen Gelegenheit hatte, in sehr verschiedenem Grade entwickelt. Während dieselben bei einzelnen allerdings, wie Gray und Billroth es für die Vogelmilz als ganz allgemeingültig hinstellen, sich so dicht fanden, dass sie dem ganzen Organ eine gleichmässig grau-weissliche Färbung verliehen, so liess sich an andern und nicht wenigen mit blossem Auge auch nicht die geringste Spur jener weisslichen Körper entdecken. Zwischen beiden fanden sich die mannigfaltigsten Uebergänge an verschiedenen Exemplaren.

An Schnitten frischer, gar nicht weiter präparirter Milz des Huhns, in Glycerin untersucht, sieht man eine Menge Blutzellen und Körper, welche den Lymphkörpern dieses Thiers vollkommen gleichen; dieselben sind rund, etwas granulirt, von 0,0070—0,0074 Mm. im Durchmesser; dazwischen schmale, äusserst fein granulirte Fibrillen und Membranen, die besonders an den Rändern wie abgerissene Fetzen an den Lymphkörperchen anhängen. Ausserdem bemerkt man zahlreiche Kerne, dazwischen eine fein granulirte Substanz, die nach aussen theils in Form etwas gewundener Fibrillen, theils in Form dünner fetziger Membranen vorragt. Diese Membranen sind hin und wieder von parallelen doppelten Contouren eingeschlossen, welche 0,007—0,008 Mm. von einander abstehen, mit alternirenden in der Membran liegenden Kernen, welche oval sind und einen gegenseitigen Abstand von 0,008 Mm. haben. Besonders am Rande des Schnittes sieht man zuweilen solche bandartige, vorragende Membranen sich ganz in derselben Weise verästeln, wie sich das capillare Netz an injicirten Milzen darstellt.

Zerdrückt man ein Stück vorher zerfaserter frischer Milz vom Huhn, so sieht man wie den einzelnen frei herumschwimmenden Körperchen Stücke einer sehr blassen, homogenen, etwas granulirten Membran anhängen.

Nach Essigsäurezusatz sieht man unzählbare ovale und runde, äusserst fein granulirte, mit 1—2 Kernkörperchen ver-

sehene Kerne theils dichtgedrängt, theils getrennt durch eine homogene Grundsubstanz, die entweder in Form feiner Fasern, oder als homogene, faltige, membranartige Masche zur Beobachtung kommt.

Nach Einwirkung von 30 % Kalilösung auf ein frisches Präparat sieht man ausser den gequollenen Kernen überall nur eine blasse, granulirte Grundsubstanz, ohne dass man einzelne Theile an derselben unterscheiden kann.

Setzt man Jodtinctur zu einem frisch zerfaserten Präparat, so lässt sich deutlich eine Zwischensubstanz zwischen den Kernen unterscheiden, die homogen körnig-streifig durch ihre weniger intensive gelbliche Färbung auffällt, während die Kerne und Blutkörperchen sich intensiv dunkelgelb färben.

Die Milz härtet sich in Bleiessig nur unvollständig, ein mit Wasser und Essigsäure unter das Mikroskop gebrachter Schnitt einer in jener Flüssigkeit aufbewahrten Milz bestand nur aus Kernen, die von einer homogenen Membran umgeben waren. Durch Druck weicht das ganze Präparat auseinander. Die theils rundlichen, theils ovalen Kerne von 0,0036—0,0042 Mm. Durchmesser lassen sich zum Theil vollständig isoliren, die Mehrzahl jedoch behält unregelmässige Bruchstücke einer äusserst feinen, fast ganz homogen aussehenden membranartigen Zwischensubstanz an sich, durch welche stellenweise ganze Gruppen von Kernen zusammengehalten werden.

Ganz denselben Anblick gewähren Milzen, welche in salpetersaurer HgO lösung gelegen haben. Die Härtung erfolgt auch hier unvollständig, indem die Präparate, wie im vorigen Fall, eine beträchtliche Brüchigkeit zeigen. Auch hier sieht man eine äusserst feine, blasse Membran, auf der man zahlreiche granulirte Kerne bemerkt.

An den Präparaten einer längere Zeit in Barytlösung aufbewahrten Milz sieht man nur eine feinkörnige Masse und ausserdem eine sehr blasse Grundsubstanz, an der sich nichts Bestimmtes unterscheiden lässt. Nach Zusatz von Essigsäure treten zahlreiche, sehr blasse Kerne hervor, daneben ein äusserst zierliches, dichtes, glänzendes Netzwerk feiner Fasern.

An feinen Schnitten in Chromsäure und Alkohol gehärteter Huhnmilzen sieht man ausser blassen, rundlichen Kernen ein Netzwerk feiner Fasern und sehr blasser, homogener, hie und da etwas granulirter Membranen, welche unregelmässig rundliche Lücken von 0,0048—0,0060—0,0121 Mm. Durchmesser einschliessen. Die Maschen sind zum Theil ausgefüllt mit verschieden geformten intensiv gelben Körperchen, augenscheinlich Blutkörperchen, ein grosser Theil derselben ist leer.

An manchen Stellen wird der glänzende Contour, mit der viele jener Lücken eingefasst sind, von Kernen unterbrochen, an andern setzt sich der glänzende Contour in eine äusserst zarte, die Lücke überkleidende Membran fort, welcher Kerne aufliegen. Die Breite dieser Membranen ist an verschiedenen, oft sehr nahe an einander gelegenen Stellen sehr ungleich, ich bestimme sie zu 0,0054—0,0064—0,0997 Mm.

Setzt man zu einem solchen Schnitt Jodtinctur, so treten die Membranen mit ihren mattglänzenden, doppelte Contouren zeigenden Rändern noch deutlicher als solche hervor, indem die gelbliche Färbung ihrer ganzen Fläche sich schärfer von dem freien Theil des Gesichtsfeldes abhebt. Besonders an solchen Präparaten sieht man oft mehrfach verästelte Membranen, deren Aussehen ganz den eigenthümlichen Verzweigungen des injicirten Capillarnetzes der Pulpa entspricht.

Das Bild der imbibirten Milz entspricht beim Huhn fast vollkommen dem bei der Krähe beschriebenen.

Auch hier sieht man bei schwacher Vergrösserung eine gleichmässig rothpunktirte Fläche, auf der sich — an dem vorliegenden Präparat nur spärliche — grössere rundliche Stellen unterscheiden lassen, die, selbst sehr intensiv roth, von einem blassen, sehr schmalen, nicht scharf begrenzten Hof umgeben sind.

Die rundlichen oder mehr ovalen Malp. Körper sind hier 0,0899—0,0964—0,1071 Mm. lang und 0,0749—0,0857—0,0964 Mm. breit. Sie bestehen hier ebenfalls aus einer dichten Anhäufung rother rundlicher Kerne von 0,0024—0,0036—0,0038 Mm. Durchm. oder eben solchen ovalen, die 0,0030—0,0036 lang und 0,0018—0,0030 Mm. breit sind. Eine deutliche Umhüllungsmembran lässt sich auch hier bei der überwiegenden Mehrzahl nicht nachweisen, nur bei einzelnen finden sich ringsum weitläufig stehende spindelförmige Zellen, welche eine schärfere Grenze gegen die Umgebung bilden.

Die nächste Umgebung der Malp. Körper besteht aus denselben Kernen, nur stehen dieselben hier viel weitläufiger, so dass der ganze Saum wie von zahlreichen Hohlräumen durchbrochen erscheint. Die Gestalt dieser letzteren ist eine unregelmässige, theils rundliche, theils mehr langgestreckte. Diese Lücken werden kleiner und weniger bei weiterer Entfernung von den Malp. Körpern. Sie werden, wie in der Pulpa der Krähenmilz, entweder von einem glänzenden Contour umgeben, welcher hie und da Kerneinlagerung zeigt, oder von einer dünnen, äusserst blass imbibirten Membran überkleidet; zum Theil geradezu von roth imbibirten Kernen begrenzt.

An der injicirten und imbibirten Huhnmilz sieht man bei schwacher Vergrösserung gefässarme, meist gruppenweise zusammenliegende, rothe Malp. Körper in unregelmässigen Zwischenräumen gelagert. Das dazwischen liegende Gewebe besteht fast ganz aus einem dichten Gefässnetz und bietet das Ansehen eines dicht verzweigten Netzes blauer Fäden.

In den Malp. Körpern sind die Kerne dicht angehäuft, an hinreichend dünnen Schnitten bemerkt man auch hier zwischen denselben ein Netz feiner anastomosirender Fasern.

Die Malp. Körper enthalten auch hier Gefässe, und zwar theils grössere Arterien, theils Capillaren. Die ersteren liegen hier in der Regel an der Peripherie, seltener durchsetzen sie die Körper in der Mitte; sie sind durch die Stärke der Wandung leicht zu erkennen. Die letzteren finden sich theils auf Querschnitten, theils längsverlaufend, sie besitzen auch hier einen sehr gleichförmigen Durchmesser von 0,0058 Mm.; in der Regel theilen sie sich in der Mitte des Körpers in 3—5 sparrig auseinander weichende Aeste, welche nach der Peripherie hin verlaufen und mit dem Capillarkranz der Pulpa in Verbindung treten. Sie werden alle von glänzenden doppelten Contouren mit eingelagerten, spindelförmigen und ovalen schmalen Kernen umgeben, besitzen demnach die Structur gewöhnlicher Capillaren. An die glänzenden Contouren setzen sich hie und da die anastomosirenden Fasern an, welche Kerninterstitien der Malp. Körper durchsetzen. Am Rande des Körpers verlieren sie den glänzenden Contour ziemlich rasch, indem meistens dichtgestellte Kerne die Injectionsmasse umhüllen, welche dann in die Injectionsmasse der Pulpacapillaren continuirlich übergeht.

Der Durchmesser der Malp. Körper schwankt zwischen 0,0428—0,1178 und 0,1499 Mm.

Das die Malp. Körper umgebende Gewebe besteht hier ebenfalls aus Kernen und Gefässen; die letzteren sind auch hier überwiegend Capillaren mit derselben kurzverzweigten sparrigen Anordnung, wie in der Pulpa der Krähenmilz. Das Capillarnetz setzt sich aus kurzen, relativ dicken, 0,0024—0,0073 Mm. breiten Stämmchen zusammen, welche durch kurze Ausläufer mit den benachbarten gewöhnlich unter rechten oder stumpfen Winkeln communiciren. Dies Capillarnetz ist ebenso wie bei der Krähenmilz zunächst um die Malp. Körper herum am dichtesten. Die Injectionsmasse wird auch hier an spärlichen Stellen von einem glänzenden, doppelten Contour umgeben, in der Mehrzahl sind es auch hier entweder blasse, sehr zarte, kernhaltige Membranen, welche die Capillarwand constituiren,

oder geradezu rundliche oder spindelförmige Kerne, an welchen eine Zwischensubstanz sich nicht erkennen lässt.

Zwischen diesem Capillarnetz, welches Maschen von 0,0073—0,0097 Mm. Durchmesser einschliesst, finden sich auch hier Kerne von 0,002—0,003 Mm. Durchmesser, dazwischen theils eine sehr geringe Menge einer homogenen, blassen Zwischensubstanz, theils glänzende, kurze Fibrillen.

Das Verhalten der Arterien und Venen stimmt beim Uebergang in die Capillaren ganz mit dem bei der Krähe beschriebenen überein.

III. Eule (Strix flammea, Aluco, Otus vulgaris).

Die Milz der Eule hat eine länglich ovale, bohnenförmige Gestalt, die äussere Oberfläche zeigt ein grauröthliches Aussehen mit zahlreich eingestreuten weissgraulichen runden Stellen.

Die Milzschnitte, welche ich von der Eule untersuchte, waren sämmtlich injicirt und wurden imbibirt, doch war es bei allen eine nur unvollständige Injection, indem der grösste Theil des Capillarnetzes der Pulpa sich nicht gefüllt hatte.

Die sehr zahlreichen Malp. Körper sind auch hier rund oder doch der rundlichen Form sich annähernd, von verschiedenem, zwischen 0,042—0,107 Mm. schwankenden Durchmesser. Sie liegen auch hier in unregelmässigen, zum Theil sehr dichten Gruppen. Einzelne liegen Arterien an und bilden gleichsam ovale, mit Kernen dicht versehene Hervortreibungen der Arterienscheide. — Die Mehrzahl beherbergt kleine Arterienäste im Innern, welche sich hier in Capillaren auflösen, die theils mit gestrecktem Verlauf, theils verästelt den Körper durchsetzen und in den Gefässkranz der Pulpa übertreten. Diese Capillaren besitzen bei ihrem Beginn in den Körpern einen Durchmesser von 0,0085 Mm. und einem doppelten glänzenden Contour mit länglichen, lebhaft imbibirten Kernen. Dieser Durchmesser bleibt theils durch die ganze Verästelung derselbe, theils sinkt er auf 0,005 Mm. herab. Die Wandung infiltrirt regelmässig bald nach dem Eintritt des Gefässes in den Körper mit rundlichen und elliptischen Kernen unter Verschwinden des doppelten glänzenden Contour, so dass die gestreckte Injectionsmasse von reihenweise stehenden Kernen begrenzt wird. Diese Aeste treten am Rand des Körpers ohne scharfe Grenze in die Pulpacapillaren über.

Ausserdem findet sich noch ein eigenthümliches Verhalten dieser Gefässenden in den Malp. Körpern der Eulenmilz vor. Es finden sich Capillarzweige von 0,0085 Mm. Durchmesser gestreckten Verlaufs mit glänzendem, doppeltem, spindelförmige

Kerne einschliessendem Contour. Diese werden von ovalen Körpern umhüllt, die nach aussen durch eine an spindelförmigen Kernen reiche Faserhülle umgrenzt werden von 0,0975 Mm. Länge und 0,609 Mm. Breite. Der Raum zwischen den Capillaren und jener Faserhülle wird eingenommen von einem lockern, mit der Capillarwand einerseits und der Faserhülle andererseits in Verbindung stehenden System glänzender, zarter, hie und da anastomosirender Fasern, deren Interstitien von denselben Kernen, wie in der Milzpulpa vorhanden, ausgefüllt werden. An einzelnen Stellen sind diese Interstitien mit extravasirter Injectionsmasse gefüllt. Diese eigenthümlichen Körper finden sich bisweilen an allen einen Malp. Körper durchsetzenden Arterienzweigen, bisweilen fehlen sie vollständig. Auch die von diesen Gebilden umschlossenen Capillaren gehen am Ende derselben unmittelbar, hie und da nach vorheriger gabeliger Theilung, in das Netz der Pulpa über.

Die letztere besteht hier aus einem sehr dichten Gefässnetz mit dazwischen liegenden Kernen. Die Gefässe bestehen zum grössten Theil aus Capillaren, zum kleineren aus sparrigen Venenzweigen. Die Anordnung des Netzes ist hier ganz ähnlich wie bei der Krähe und dem Huhn. Auch hier wird die Injectionsmasse theils von dünnen, kernhaltigen Membranen, theils direct von roth imbibirten Kernen begrenzt. Die Arterienenden und Venenanfänge in der Pulpa verhalten sich bei den Eulen genau, wie bei der Krähe und dem Huhn. Zu bemerken ist jedoch, dass von den Arterienenden aus unregelmässig gestreckte Zweige von dem Durchmesser und der Structur gewöhnlicher Capillaren direct in die Venenanfänge übergehen, was mit den von Axel-Key an Menschen und Säugethieren gemachten Beobachtungen übereinstimmt.

Aus den mitgetheilten Beobachtungen und den Untersuchungen, welche ich ausserdem über die Milz verschiedener Vögel anzustellen Gelegenheit hatte, lässt sich der Schluss ziehen, dass bei allen Vögeln die Milz aus Pulpa und Malp. Körpern sich zusammensetzt. Letztere bald überwiegend, bald spärlich, finden sich selbst an demselben Thier in sehr verschiedener Ausbildung, was man leicht durch Vergleichung einer grösseren Zahl von Huhnmilzen constatiren kann.

Diese Malp. Körper sitzen an oder um die Arterien. Sie entbehren grösstentheils einer besonderen Umhüllungsmembran. Nur bei einzelnen grösseren findet sich eine deutliche Begrenzung durch eine in einfacher Reihe herumlaufende Lage spindelförmiger Zellen, welche von der Adventitia der anliegenden Arterien herzukommen scheinen.

Sie bestehen aus einer Anhäufung rundlicher Kerne und Zellen, welche mit den Lymphkörperchen der betreffenden Thiere die grösste Aehnlichkeit haben. Zwischen diesen Zellgebilden findet sich ein anastomosirendes Netz dünner, glänzender Fasern mit Kernen in den Knotenpunkten.

Ausser den Arterienzweigen, welche die Malp. Körper durchsetzen, finden sich in ihnen Capillaren vor. Diese zeigen den Bau gewöhnlicher Capillaren, nur gegen den Rand der Malp. Körper hin zeigen sie gewöhnlich eine dichte Lagerung der in der Wandung befindlichen Kerne, welche ihrem Uebertritt in den Capillarkranz der Pulpa gewöhnlich vorhergeht. Die Aehnlichkeit dieser Capillaren im Bau mit den Capillaren anderer Organe deutet darauf hin, dass sie als Ernährungsgefässe der Malp. Körper zu betrachten sind, und, so weit es erlaubt sein sollte, aus ihrer Structur einen Schluss auf ihre Lebensdauer zu ziehen, erheblichen Veränderungen nicht unterliegen. An den Enden dieser capillaren Arterienenden finden sich bei der Eule eigenthümliche Kapseln, über deren Bedeutung ich etwas sicheres beizubringen nicht im Stande bin.

Die Milzpulpa besteht aus einem dichten Gefässnetz und dem eigenthümlichen Milzparenchym. Das letztere besteht aus Kernen und Zellen ganz gleich denen in den Malp. Körpern, zwischen denselben befindet sich ein Netzwerk anastomosirender Fasern, welches ebenfalls vollkommen mit dem in den Malp. Körpern übereinstimmt. Diese Elementartheile bilden ein System rundlicher und länglicher Inseln, das zwischen den Capillarmaschen eingelagert sich findet.

Die Arterien verästeln sich gabelig mit gestrecktem Verlauf der Aeste, sie verlieren dabei an Durchmesser des Lumens und Dicke der Wand, bis schliesslich nur noch eine homogene doppelt contourirte Membran übrig bleibt. Diese Enden gehen in der Regel unter gabeliger stumpfwinkeliger Theilung in das eigentliche Capillarsystem der Pulpa über, welches ausserdem die capillaren Arterienzweige der Malp. Körper aufnimmt.

Das Capillarsystem der Pulpa wird gebildet von zahlreichen, kurzen, ungleich weiten, meistens relativ dicken Stämmchen, welche unter stumpfen oder rechten Winkeln anastomosiren. Dabei erhält das ganze Netz durch die Kürze der einzelnen, zum Theil dicken Stämmchen, die zackige, eckige Verästelung derselben, durch die eigenthümlichen Einschnürungen, welche sich dadurch häufig an den eingeschlossenen Lücken zeigen, ein bei den verschiedenen Vögeln ungemein gleiches, sehr charakteristisches Gepräge.

Die Wandung dieser Capillaren besteht bei der Mehrzahl aus einer äusserst zarten, ganz blassen, homogenen, mit Kernen versehenen Membran ohne doppelte Contouren; bei andern wird die Begrenzung lediglich von dichtstehenden Kernen gebildet, welche sich von den sonst in der Pulpa befindlichen nicht wesentlich unterscheiden. Entsprechend der Zartheit dieser Wandung sind diese Capillaren zu Extravasaten sehr geneigt; dies ereignet sich oft genug bei Injectionsversuchen. Die Injectionsmasse dringt in die eigentlichen Parenchyminseln ein, zwischen die dortigen Zellgebilde sich ergiessend, und es lassen sich sogar die Intercellularräume der Malp.Közper bei starkem Druck fast vollständig mit Injectionsmasse füllen. Dadurch wird das Capillarnetz um vieles enger, so dass nur 1—2 Lymphkörperchen in den Interstitien Platz finden, wie ich dies wiederholt bei Huhnmilzen zu sehen Gelegenheit hatte. Diese Präparate stimmen mit den Beschreibungen und Abbildungen, welche von Axel-Key und Stieda über das Capillarsystem der Milz der Säugethiere geliefert worden, genau überein. Sie stimmen jedoch keineswegs mit den Präparaten, welche durch blosse Imbibition, ohne vorherige Injection, gewonnen sind.

Die ungemeine Zartheit und eigenthümliche Structur der Pulpacapillaren sind eine höchst auffallende Erscheinung. Dies Verhalten, welches sie scharf von den Capillarwandungen aller anderen Organe im erwachsenen Thiere unterscheidet, legt die Frage nahe, ob dieselben bleibende Gebilde sind, welche, einmal fertig, durch die ganze Zeit des Lebens hindurch fortbestehen, oder ob sie zugleich mit dem umgebenden Parenchym gewissen Veränderungen unterliegen, welche je nach dem physiologischen Zustand zu verschiedenen Zeiten in verschiedenem Grade sich einstellen und vielleicht oft ungemein rasch vor sich gehen.

Diese Frage, schon wiederholt discutirt, und bald in dem einen, bald in dem anderen Sinne beantwortet, kann ihrer Erledigung erst dann nahe gerückt werden, wenn umfassende Untersuchungen über den Bau und die Verrichtungen der Milz bei den verschiedenen Thierclassen vorliegen.

Erklärung der Abbildungen.

Figur I.

Querschnitt der imb. und inj. Krähenmilz.

a a. Malp. Körperchen.
b b. Pulpa.

cc. Venen.
c*. Centralvene.
dd. Arterien.

Figur II.

Malp. Körperchen mit dem umgebenden Capillarkranz (Krähe).

a. Centralarterie.
bb. Kerne.
d. Capillarsystem.
c. Parenchyminseln.

Figur III.

Capillares Arterienende eines Malp. Körperchens (Krähe).

a. Doppelter Contour.
b. Kerne der Wand.
c. Interstitielle Fasern.

Figur IV.

Uebergang der Capillaren in eine Vene (Eule).

Figur V.

Capillares Arterienende, welches durch ein Malp. Körperchen tritt und jenseits desselben in Capillaren zerfällt, aus denen eine Vene entsteht (Eule).

a. Capillares Arterienende.
bb. Malp. Körperchen.
c. Capillaren der Pulpa.
d. Vene.

Die Leichenveränderung der Mundlippen bei neugeborenen Kindern.

Von

Professor **H. Luschka** in Tübingen.

Obwohl die Leichenerscheinung, auf welche wir die Aufmerksamkeit namentlich der Gerichtsärzte lenken möchten, nicht gänzlich unbeachtet geblieben ist, so hat sie doch noch keineswegs allseits die wünschenswerthe Berücksichtigung gefunden. Da nun aber die höheren Grade derselben wohl geeignet sind, in forensischen Fällen unter Umständen zu irrthümlichen Deutungen Anlass zu geben, so dürfte es gerechtfertigt sein dasjenige zur Kenntniss zu bringen, was ich durch specielle Untersuchung dieses Gegenstandes in Erfahrung gebracht habe.

Zunächst muss aber an die Beschaffenheit der unveränderten Mundlippen des Neugeborenen schon deshalb erinnert werden, weil die Eigenthümlichkeit derselben bisher nur unvollständig beobachtet worden ist.

Während in späteren Lebensperioden unter normalen Verhältnissen bei mässig geschlossenem Munde ein nur einfacher, gleichförmig beschaffener rother Saum an den Lippen erkennbar ist, macht sich beim Neugeborenen an jeder Lippe gewissermaassen ein doppelter Saum bemerklich. Es besteht hier als vorübergehende Bildung eine wahre „Doppellippe“, welche auf diesem Stadium für die ganze Dauer des Lebens beharren kann und alsdann denjenigen Formfehler darstellt, welchen man Labium duplex („Bourrelet muqueux“) zu nennen pflegt, die übrigens auch durch mancherlei Einflüsse erworben sein kann.

Die Lippenränder des Neugeborenen sind im allgemeinen im Vergleiche zu später viel wulstiger, weicher, saftiger und nicht sowohl von rosen- als von bläulichrother Färbung. Das letztere Colorit geht meist erst einige Tage nach der Geburt in die gewöhnliche rothe Lippenfarbe über, was sich leicht durch die Vergleichung einer Anzahl von Säuglingen verschiedenen Alters constatiren lässt.

Betrachtet man den rothen Saum der Lippen näher, dann gewahrt man zwei wesentlich verschiedene Zonen, von welchen die eine als äussere, die andere als innere bezeichnet werden mag. Die äussere Zone, welche dem gewöhnlichen rothen Lippensaume entspricht, ist in maximo 2 Mm. hoch und, wie dieser, für das blosse Auge gleichförmig und glatt. Seine Bindegewebsgrundlage hängt mit der Muskulatur untrennbar fest zusammen und ist in ganz kurze, dicht aneinander gepresste Papillen ausgewachsen und von einem geschichteten Plättchen-Epithelium überzogen, in dessen oberflächlichsten Elementen die Kerne gewöhnlich nicht so vollständig geschwunden sind, wie bei jenen der übrigen Epidermis. In der Regel ist das Gewebe dieses Saumes von Talgdrüsen gänzlich frei, doch findet man in Ausnahmsfällen vereinzelt kleinste Drüschen dieser Art, welche sich als weisse Pünktchen darstellen und nach den Wahrnehmungen von Kölliker*) mitunter selbst ein rudimentäres Härchen im Ausführungsgange enthalten.

Die innere Zone ist im Verhältniss zur äusseren grösser und besitzt bei mässig geschlossener Mundspalte an der Oberlippe eine grösste Höhe von 4 Mm., indessen sie an der Unterlippe durchschnittlich nur 3 Mm. hoch ist. Sie ist weicher und erscheint unregelmässig gewulstet und bietet nicht selten schon bei der Betrachtung mit blossem Auge ein fein zerklüftetes Aussehen dar. Von der Oberfläche lässt sich ein reichliches, aus polygonalen kernhaltigen Plättchen bestehendes Epithelium abstreifen, welches in den ersten Tagen nach der Geburt öfters sich von selbst in kleinsten Stückchen theilweise abschilfert.

Diese Zone, welche von der äussern scharf abgesetzt ist, aber ohne deutliche Grenze in die eigentliche, ihr ähnliche innere Lippenfläche, als deren Umstülpung sich dieselbe gewissermaassen darstellt, übergeht, ist mit verhältnissmässig langen, weichen, zottenähnlichen Auswüchsen reichlich besetzt. Diese sind sehr regellos angeordnet, indem sie sowohl weiter von einander abstehen, als auch dichter unter Bildung warzen-

*) Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie Bd. XI.

oder leistenähnlicher Erhebungen zusammengedrängt sind. Diese „Pars villosa“ des Lippensaumes ist im Vergleiche zu jener „Pars glabra“ viel stärker ausgeprägt und zeigt sich an der Oberlippe merklich umfänglicher als an der unteren. Die Oberlippe des Neugeborenen ist aber noch durch eine anderweitige Eigenthümlichkeit von der letzteren verschieden. Ihr rother Saum besitzt nämlich ein deutlich abgegrenztes Mittelstück in Form eines 5 Mm. hohen und ungefähr ebenso breiten Knötchens (Tuberculum labii superioris), dessen der äusseren Lippenzone zugekehrtes Ende verjüngt aber abgerundet ist und sich nahezu bis an die gewöhnliche Cutis der Lippe erstreckt, so dass ihm entsprechend die Pars glabra des rothen Saumes auf ein Minimum reducirt wird. Das der Innenfläche der Lippe zugekehrte Ende setzt sich ohne bestimmte Grenze in diese fort. Auf jeder Seite ist das Knötchen durch eine seichte Furche von der Nachbarschaft getrennt nnd erhebt sich in der Mittellinie gewöhnlich in eine jedoch nur schwach ausgebildete Firste, die sich gegen seine Enden hin allmälig verflacht. Seiner Textur nach gehört dieses Knötchen der Pars villosa des Lippensaumes an, indem es ganz und gar dieselben weichen, grossen und lose zusammenhängenden, zottenartigen, übrigens reichlich vascularisirten Auswüchse besitzt.

Vom morphologischen Standpunkte aus nimmt das Tuberculum labii superioris deshalb ein nicht geringes Interesse in Anspruch, weil es sich als unzweideutiger Rest des embryonalen Stirnlappens ausweist, welcher bekanntlich von der unteren Seite der Grosshirnblasen aus herabsteigt und zur Bildung der Oberlippe mit den aus dem ersten Kiemenpaare hervorgehenden Oberkieferlappen in Continuität tritt. Dasselbe repräsentirt an der Lippe das Os incisivum und gibt gleich diesem seine Trennungsspuren nur an. der inneren Seite zu erkennen.

Der dem Neugeborenen zukommende Typus der Doppellippe verschwindet im Verlaufe des stärkeren Wachsthums der Kinnladen allmälig, wobei mehr und mehr eine Einziehung der Pars villosa stattfindet. Für die Säuglingsperiode hat diese Formation übrigens insofern eine functionelle Bedeutung, als die durch jene Villositäten bedingte Unebenheit der innern Zone des Lippensaumes einen festeren Anschluss um die Brustwarze zu vermitteln im Stande ist.

Diese Eigenschaften aber machen die Lippen des Neugeborenen nicht nur für alle Schädlichkeiten empfänglicher, sondern sie sind auch die Ursache solcher nach dem Erlöschen

des Lebens von selbst eintretenden Veränderungen, welche unter normalen Verhältnissen in späteren Altersstufen nicht aufzutreten pflegen.

Schon wenige Stunden nach dem erfolgten Tode beginnt die Pars villosa des Lippensaumes auffallend trocken und bräunlich zu werden. Dieser Zustand nimmt allmälig im Verlaufe der Zeit an Intensität zu, indem jene innere Zone mehr und mehr einschrumpft und regellos verzogen und uneben wird. In den höhern Graden kann die Eintrocknung bis auf 2 Mm. in die Tiefe greifen und die lederartig fest und braunschwarz gewordene Masse wie ein Brandschorf auf der weichen Unterlage, mit der sie übrigens fest zusammenhängt, aufsitzen.

Die Substanz des in dieser Weise veränderten Lippensaumes pflegt sowohl an der Oberfläche als auch an Durchschnitten dem unbewaffneten Auge gleichartig zu erscheinen. Die äussere oder glatte Zone des Lippensaumes wird in den geringeren Graden dieser Vertrocknung und Schrumpfung nur in radiäre Fältchen eingezogen, in den höhern dagegen fast gänzlich zum Verschwinden gebracht.

Die geschilderten Veränderungen der Lippen sind, namentlich in ihrem höheren Grade, wohl geeignet, als „verdächtiges Indicium", nämlich als die Folgen verschiedenartiger anomaler Einflüsse zu imponiren. Sie können als Zeichen einer mechanischen Einwirkung gedeutet werden, wie dies in einem von Maschka*) verzeichneten Falle wirklich geschehen ist, oder auch als das Resultat eines in verbrecherischer Absicht mit den Lippen in Berührung gebrachten Aetzmittels erklärt werden, wobei namentlich an die verkohlende Wirkung der rauchenden Schwefelsäure zu denken ist. Von anderweitigen Erscheinungen abgesehen, sind die durch Aetzmittel erzeugten Schorfe leicht daran kenntlich, dass sie aus einem moleculären Detritus bestehen, während man an feinen Durchschnitten der, wenn auch noch so fest eingetrockneten Substanz des Lippensaumes mit Hilfe des Mikroskops die normalen Gewebselemente, nämlich Epithelialzellen, Capillaren, quergestreifte Muskelfasern, Nerven, Zellstofffibrillen, mit Leichtigkeit zu unterscheiden vermag. Ausserdem kann durch Einlegen der vertrockneten Lippe in Wasser der ursprüngliche Zustand einigermassen wieder hergestellt werden, wobei jedoch zu bemerken ist, dass bei einer sehr in die Tiefe gediehenen Eintrocknung hierzu mehrere Tage erforderlich sind.

Nach dem, was über den Bau der Lippen des Neugeborenen

---

*) Prager Vierteljahrsschr. für die prakt. Heilkunde, 1862, Bd. II. S. 26.

gesagt worden ist, kann darüber kein Zweifel obwalten, wodurch jenes so auffallende Leichensymptom bedingt wird. Nicht allein die im Vergleiche zu späteren Lebensperioden grössere Zartheit und Succulenz des rothen Lippensaumes überhaupt begünstigt die Verdunstung der in ihm enthaltenen wässerigen Bestandtheile, sondern es ist ganz besonders die schwammartig weiche, mit saftigen Villositäten besetzte innere Zone, welche von jener Veränderung und zwar nicht blos dieser Qualitäten wegen betroffen wird, sondern auch noch deshalb, weil ihr Epithelium nicht den gegen die Verdunstung mehr schützenden Charakter der Epidermis besitzt, wie jener der äusseren Zone. Den Grund, warum dieses an der Leiche des Neugeborenen nie gänzlich fehlende Symptom so sehr wechselnde Grade darbietet, dass es das eine Mal kaum beachtet wird, das andere Mal aber so stark ist, dass es unter Umständen den Verdacht einer absichtlich zugefügten Schädlichkeit erwecken kann, hat man in verschiedenen Umständen zu suchen. Vor allem ist zu bedenken, dass nicht alle Neugeborenen ein gleich zartes und weiches Lippengewebe besitzen und dass namentlich der Epithelialüberzug nicht immer gleich dick gefunden wird. Ferner darf man nicht vergessen, dass die Temperatur und der Wassergehalt der die Leiche umgebenden Luft, sowie die Frist, welche seit dem Erlöschen des Lebens abgelaufen ist, auf den Grad der Ausbildung jenes Zeichens von wesentlichem Einflusse sind.

Berichtigungen.

S. 130 Z. 4 v. oben statt Froschaugenhäute l. Froschnetzhäute.
S. 132 Z. 21 v. oben statt Stäbchenkern l. Stäbchenkorn.
S. 133 Z. 4 v. oben statt Stäbchenkern l. Stäbchenkorn.
S. 133 Z. 9 v. unten statt zuweilen l. jeweilen.
S. 135 Z. 2 v. unten statt Augenhäute l. Netzhäute.

Gedruckt bei E. Polz in Leipzig.

Beiträge zur Lehre vom Puls, insbesondere vom doppelschlägigen.

Von

Dr. Oswald Naumann,

pract. Arzt und Privatdocenten an der Universität zu Leipzig.

So vielfach auch die für die Physiologie wie für die Pathologie so wichtige Lehre vom Arterienpuls bereits behandelt worden ist, so wenig ist dies Thema noch jetzt erschöpft. Es bietet der Puls sowohl bei gesunden wie kranken Individuen gewisse Erscheinungen dar, über die wir, da sie sich den bisherigen Beobachtungen mehr oder weniger entzogen, noch nichts weniger als im Klaren sind. Es ist nicht zu läugnen, dass in der Pulslehre durch Herstellung von Sphygmographen schon über vieles bisher Dunkle Licht verbreitet worden ist: das Tastgefühl allein ist zu unvollkommen und trügerisch, um sichere Aufschlüsse über die Natur des Pulses zu gestatten, und der Versuch, denselben schriftlich darzustellen, musste als ein wichtiger Fortschritt begrüsst werden. Nach dem Vorgang des grossen Hales, welcher zuerst ein Haemodynamometer fertigte und genauere Aufschlüsse über die Natur des Pulses gab, haben sich besonders Poiseuille, Herisson, Ludwig, C. Chelius u. A. mit der Sphygmometrie beschäftigt, und in neuester Zeit Vierordt und Marey Sphygmographen gefertigt, die man jetzt meistens zur schriftlichen Darstellung des Pulses benutzt. Nichtsdestoweniger blieben bei den Untersuchungen, die man mit allen diesen Pulsmessern angestellt hat, gewisse Eigenthümlichkeiten des Pulses noch zu wenig berücksichtigt, die für die richtige Erklärung sowohl der Natur des normalen als auch des krankhaften und insbesondere des doppelschlägigen Pulses von der

grössten Bedeutung sind. Jene Instrumente, so vorzüglich sie auch in vieler Hinsicht sind, sind doch für gewisse Zwecke, zumal da wo es auf eine genauere Messung der Stärke des Pulses ankommt, nicht gut zu gebrauchen. Schon bei meinen anderwärts mitgetheilten Untersuchungen über die Wirkungen der Hautreize auf Herz und Blutgefässe war ich genöthigt, mich nach einem Mittel umzusehen, das feiner und sicherer die Schwankungen in der Stärke des Pulses anzugeben geeignet sei und eine längere Zeit der Beobachtung zulasse, als dies mit den zeitherigen Pulsmessern möglich war. Es gelang mir dies mit Hülfe eines in seiner Anwendungsweise höchst einfachen und für den Zweck, wofür es bestimmt war, vollkommen hinreichenden Instrumentes, welches ich später noch vervollkommnete und welches sich zugleich, da man es auf jeder beliebigen Stelle des Körpers passend anbringen kann, dazu eignet, die Veränderungen, welche der Puls bei seinem Fortschreiten nach der Peripherie zu erleidet, zu untersuchen. Es ist nicht der Zweck dieser Zeilen, eine monographische Darstellung alles dessen zu geben, was bisher in der Pulslehre geleistet worden ist, nachdem dies bereits Vierordt und Andere in so ausführlicher Weise gethan, sondern nur das zu besprechen, worüber wir bisher noch im Dunkeln waren, oder was geradezu auf falscher Beobachtung beruhte und für richtig ausgegeben wurde.

Die Instrumente, mittels deren man bisher den Puls zu messen versucht hat, sind bekanntlich nach sehr verschiedenen Principien eingerichtet. Das von Hales erfundene, von Poiseuille vervollkommnete und von Ludwig zur schriftlichen Darstellung des Pulses eingerichtete, stets eine Verletzung der Arterie bedingende Instrument, dessen Beschreibung ich hier als hinreichend bekannt übergehe, ist, so wichtige Ergebnisse es auch für die Physiologie geliefert hat, doch nicht geeignet, eine auch nur einigermassen genaue schriftliche Darstellung des Pulses zu geben. Zum Beweise dessen braucht man nur die Ludwig'schen Pulstabellen (Müll. Arch. 1847) einer genaueren Prüfung zu unterwerfen. In neuerer Zeit machte Herisson (Piorry, Traité de diagnostic et de sémiologie Paris 1837 p. 238) mit einem ebenfalls manometerartigen Instrument Versuche den Puls zu messen, indem er eine am untern Ende mit einer Membran geschlossene, mit Quecksilber gefüllte Röhre gegen die Schlagader drückte, jedoch ohne allen Erfolg. C. Chelius gab (Prag. Vierteljschr. 1850. 21. Bd. p. 100) ein dem Herisson'schen ähnliches Instrument an, nur mit dem Unterschied, dass der

untere Theil der Glasröhre in einen weiteren Raum auslief, wodurch er allerdings beim Aufsetzen der Röhre aufs Gefäss ein höheres Steigen des Quecksilbers erzielte. Chelius beobachtete bereits mittels dieses Instrumentes eine Verschiedenheit in dem der Systole und Diastole entsprechenden Aufsteigen und Sinken der Flüssigkeit in der Röhre, ohne sich jedoch von der Wichtigkeit, die diese Erscheinung für die Lehre vom Puls hat, Rechenschaft zu geben. „Nach dem Steigen (heisst es in der angezogenen Stelle) durch die an dasselbe anschlagende Blutwelle fällt es ebenso plötzlich wieder herab auf seinen tiefsten Stand, nachdem es zuvor an einer mittleren Stelle nochmals einen kurzen Halt gemacht hat. Theilt man den Zeitraum zwischen zwei Systolen in 4 Momente, so kommt ungefähr dem Steigen das erste, dem anfänglichen Fallen auf den mittleren Standpunkt das zweite, dem Beharren auf demselben das dritte und dem endlichen Niederfallen auf die tiefste Stelle das vierte Zeitmoment zu.“ Viel weniger Nutzen für die Pulsmessung gewährte ein anderer von Chelius (a. a. O.), im Prinzip schon von Poiseuille angewandter Apparat, mittels dessen das ganze Glied von einem abgeschlossenen Wasserraum umgeben wird, aus welchem eine Manometerröhre zur Beobachtung des Pulses herausführt.

Das manometrische Prinzip verlassend führte Vierordt den Hebel in die Sphygmometrie ein. Die Einrichtung seines in seinem Werke ausführlich beschriebenen Instrumentes übergehe ich als genug bekannt. Auch die mit diesem Instrument erhaltenen Curven entsprechen, wie dies spätere Untersuchungen bereits hinreichend erwiesen haben, nicht der natürlichen Form des Pulses. Hiergegen muss das neuerdings von Marey gebaute Instrument als das zur Pulsmessung dienlichste erscheinen.

Nach den Ergebnissen, die mir die nachfolgend mitgetheilten Untersuchungen geliefert, hat sich mir indess das Manometer immerhin noch als ein zur Sphygmometrie sehr geeignetes, für manche Zwecke unentbehrliches Mittel bewährt, und ich bin deshalb zu ihm zurückgekehrt, wennschon auch die Wirkung des Hebels bei dem einen der von mir angewandten Hülfsmittel mit in Betracht kommt. Dass man bisher mit dem Manometer so unzureichende, ja fast unbrauchbare Ergebnisse bekommen hat, liegt wohl theils darin, dass man sich statt einer leichten Flüssigkeit des für die Pulsmessung ganz untauglichen Quecksilbers bedient hat, theils aber auch darin, dass man die Manometerröhre meist viel zu weit genommen hat.

Das erste und einfachste Mittel, welches ich zur Messung des Pulses benutzte, besteht in einer circa 7'' langen, etwas

weiten Thermometerröhre, die oben trichterförmig ausgeschweift ist und unten ebenfalls trichterförmig in ein Gefäss ausläuft, dessen Lumen circa $^3/_4$'' Durchmesser hält, und welches mit einer Einkerbung versehen und mit einer Membran von vulkanisirtem Kautschuck geschlossen ist (Fig. 1). Dieses Gefäss wird von oben durch successives Ausdrücken der Luft aus den unteren Theilen mit Carminauflösung ziemlich voll gefüllt, und trägt, da wo es sich in die Röhre verengert, einen circa 2'' Durchmesser, $^1/_2$'' Dicke haltenden Guttapercha-Ring, der als Angriffspunkt für einen von oben auf das Gefäss auszuübenden Druck dient. Das noch mit einer Skala versehene Manometer wird nun mit seinem untern Theil auf die Tibialis postica, da wo sie über dem Calcaneus auf der Innenseite des Fusses hinweggeht, aufgesetzt und in passender Weise mittels eines breiten über die Beugung des Fusses, jenen Guttapercha-Ring um die Hacke nach der äussern Seite des Fusses gehenden Riemens fest geschnallt. Zur Messung des Druckes ist auf der äusseren Seite des Fusses mit dem Riemen eine Schraube nach Art eines Turnikets in Verbindung gebracht, mittels welcher man den letzteren beliebig straff ziehen kann. Der Fuss muss natürlich so gestellt werden, dass das Manometer senkrecht zum Erdboden steht. Um nun einen möglichst günstigen Erfolg zu haben, ist noch Folgendes zu berücksichtigen: das untere Gefäss muss eine der Grösse des Fusses entsprechende Weite haben, damit es mehr brückenartig über die Schlagader hinweggehe und letztere nicht zu sehr gedrückt werde; die Membran darf nicht zu schlaff und nicht zu stark gespannt sein; die Flüssigkeit muss vor ihrer Hebung durch den Puls möglichst tief in der Röhre stehen, damit sie den durch die Engigkeit der Röhre bedingten Widerstand möglichst leicht zu überwinden vermag; endlich darf die Manometerröhre aus eben diesem Grund nicht zu eng sein, aber auch nicht zu weit, weil dann natürlich auch der durch den Puls bewirkte Ausschlag der Flüssigkeit um so geringer ausfällt. —

Fig. 1.



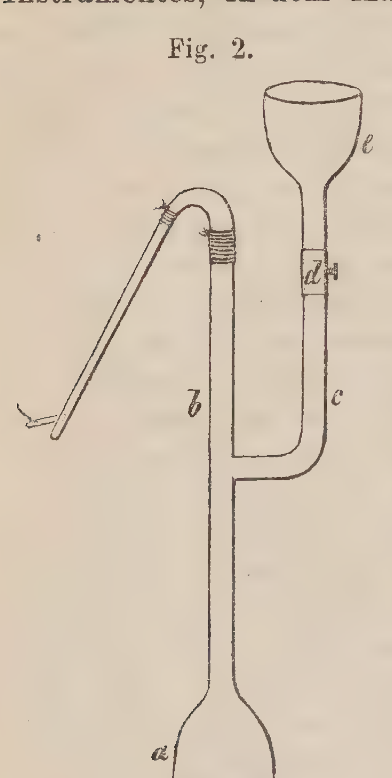
Von allen zur Pulsmessung benutzbaren Stellen des Körpers ist die oben erwähnte jedenfalls die geeignetste, weil man hier nicht wie an der Radialis den leidigen Muskelzuckungen ausgesetzt ist, die eine längere Beobachtung oft in hohem Grade stören. Der Calcaneus dagegen bietet eine harte Grund-

lage zum Aufsetzen des Pulsmessers dar, und der Fuss kann hierbei ausserdem in einer viel bequemeren und ruhigeren Lage gehalten werden, als dies mit dem Arm möglich ist. Auch bietet die Tibialis postica noch den Vortheil vor der Radialis, dass sie am Manometer einen grössern Ausschlag giebt. Hat man das Letztere gehörig vorgerichtet und passend über der Tibialis postica befestigt, so nimmt man sofort einen erheblichen Unterschied des der Systole und Diastole entsprechenden Aufsteigens und Niedersinkens der Flüssigkeit wahr. Nachdem die Flüssigkeit am Ende der Systole des Herzens ihren höchsten Stand, d. h. eine Steigung von $2^1/_2$ bis 3'' erreicht hat, sinkt sie auf einen Bruchtheil der erreichten Höhe herab, steigt dann wieder um ein Geringes und sinkt nun erst vollends bis auf ihren anfänglichen tiefsten Stand herab: Erscheinungen, welche den Marey'schen Pulskurven analog sind. Die Zeitdauer eines Pulses vertheilt sich ungefähr in der Weise, dass höchstens ein Drittel derselben auf die Systole, zwei Drittel auf die Diastole kommen. Es bedarf nur einer kurzen Beobachtung am Manometer, um zu der Ueberzeugung zu gelangen, dass eine derartige Zeitvertheilung, wie sie bereits von Hales angenommen wurde, sich bei weitem mehr der Wahrheit nähert als die Behauptung Vierordt's, dass die mittlere Celerität des Pulses Gesunder 106 sei, d. h. dass die Expansionszeit der Schlagader zu ihrer Contractionszeit sich wie 100 : 106 verhalte, und der Celeritätswerth des schnellsten Pulses wie 100 : 147. Dass dieser Autor einen von dem obigen so ganz verschiedenen Celeritätswerth erhalten, hat seinen Grund jedenfalls in der für genauere Celeritätsbestimmungen zu geringen Feinheit seines Instrumentes. Ja, ich möchte behaupten, dass derartige Bestimmungen mittels Kymographien wegen der hierbei stets mehr oder weniger einwirkenden, durch die Einrichtung der Instrumente bedingten Trägheit und anderer Störungen überhaupt gar nicht möglich ist, und dass dieselben nur mit Hülfe manometrischer Instrumente, bei welchen jene Störungen fast ganz wegfallen, festgestellt werden können. — Von besonderer Wichtigkeit für die richtige Erkenntniss der Natur des Pulses ist jenes in verschiedenen Zeitabschnitten erfolgende, die Diastole anzeigende Sinken der Flüssigkeit im Manometer. Ich habe schon oben erwähnt, dass bereits C. Chelius in dem seinigen ein in Pausen stattfindendes Sinken des Quecksilbers wahrgenommen hatte. Vierordt, welcher das Chelius-sche Instrument ebenfalls angewandt zu haben scheint, glaubt, dass durch äussere Ursachen bedingte Nachschwingungen des

Quecksilbers hier im Spiel seien. Durch Marey's Untersuchungen ist aber hinlänglich bewiesen, dass jenes in verschiedenen Zeitabschnitten erfolgende Sinken der Flüssigkeit lediglich durch die Eigenthümlichkeit des Pulses und nicht durch äussere Ursachen bedingt wird. Schon eine kurze Beobachtung am Manometer genügt, um sich hiervon zu überzeugen.

Ich wende mich nun zunächst zur Beschreibung des 2ten Instrumentes, in dem Manometer und Hebel vereinigt wirken.

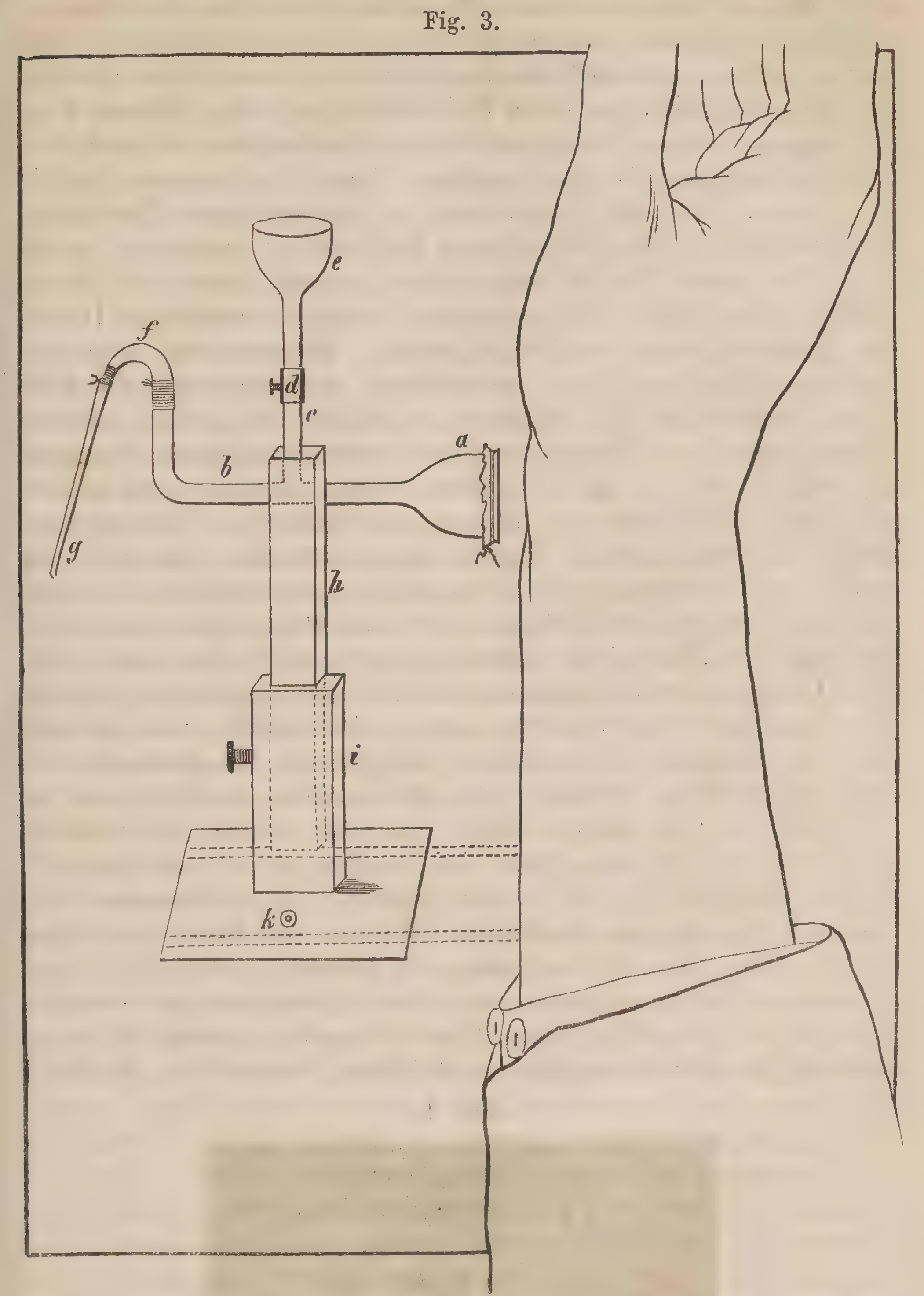
Fig. 2.



In Fig. 2 ist *a* ein mit einer etwas gewölbten Wandung versehenes, durch eine Kautschuckmembran geschlossenes ca. 3/4'' Durchm. haltendes Gefäss, welches in die etwa 1 1/2''' weite, mit einem Arm versehene Röhre *b* ausläuft. Auf der Röhre *c* ist der mit einem einfach durchbohrten Hahn versehene Metallcylinder *d* und auf diesen der Trichter *e* aufgekittet. Alle diese Theile communiciren bei geöffnetem Hahn mit einander. Auf der Röhre *b*, welche an ihrem oberen Ende möglichst dünn sein muss (jedoch ohne Beeinträchtigung ihres Lumens), ist ein circa 4—5''' langer dünnwandiger Gummischlauch *f*, welcher, um die Elasticität möglichst zu verringern, mit einer Guttapercha-Lösung überzogen ist, aufgebunden. Der Apparat wird nun von dem Gefäss *e* aus mit Wasser gefüllt, und sobald letzteres am Ende des Schlauchs angekommen ist, in diesen das etwa 1 3/4'' lange Stäbchen *g* eingebunden, und hierdurch die Röhre *b* in ihrem oberen Ende geschlossen. Die etwa noch in den Röhren befindliche Luft wird durch Hin- und Herwenden nach dem Trichter *e* zu entfernt. Will man das Instrument zur Untersuchung des Pulses der Tib. postica benutzen, so wählt man die Form wie sie Fig. 2 zeigt und befestigt dasselbe in gleicher Weise wie das zuerst beschriebene Manometer. Für die Radialis wählt man am zweckmässigsten die Fig. 3 angegebene Form und Vorrichtung. Der Apparat ist hier in den hölzernen Träger *h* eingelassen und kann durch Herauf- oder Hinabschieben in die Hülse *i* beliebig hoch oder niedrig gestellt werden. Zur Messung des Radialpulses ist auch das Lumen des Gefässes *a* um einige Linien kleiner zu nehmen als im ersteren Falle. Die Hand wird zur gehörigen Be-

festigung zwischen 3 etwa 4″ hohe, 2″ breite (auf der Zeichnung weggelassene) Holzplatten geklemmt, von denen die eine

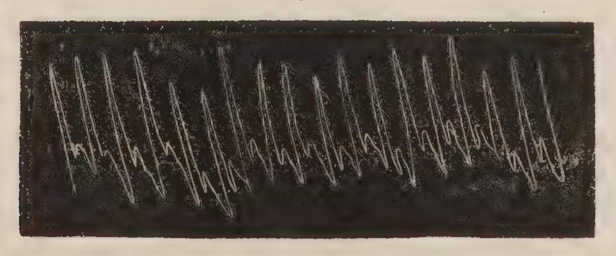
Fig. 3.



an die Volarseite der (mit der Ulnarseite aufliegenden) Hand, die andere an das untere Drittel des Vorderarms zu stehen kommt und die dritte, im Rücken der Hand befindliche, auf einem Schieber in horizontaler Richtung hin- und herbeweg-

lich ist und gegen die Hand angedrückt gehalten werden kann. Der Apparat wird nun mittels des ihn tragenden Schiebers *k* dem Arm so weit es nöthig ist genähert [so dass das Gefäss *a* zwischen die beiden vorderen Holzplatten zu stehen kommt] und durch eine von der Oberfläche des Schiebers auf den Boden führenden Schraube fixirt. Auf diese Weise gelingt es, ohne weitere Vorrichtungen Arm und Instrument festzuhalten, und man hat noch den Vortheil, letzteren in der bequemen Lage der Beugung halten zu können. Um den Pulsmesser in die geeignete Thätigkeit zu versetzen, ist nun Folgendes zu beobachten: man sehe, bevor man ihn gegen die Radialis drückt, darauf, dass der Hahn geöffnet sei, damit nicht etwa durch einen übermässigen Druck der Gummicylinder beschädigt werde. Hat man nun Arm und Instrument gehörig fixirt, so schliesst man während der Zeit einer Diastole durch Umdrehen des Hahns das in dem Röhrensystem befindliche Wasser von dem oberhalb des Hahns stehenden ab. Sobald nun der Puls die Wassermasse, die sich nicht anders als durch Aufblähung und Hebung des Schlauches Platz machen kann, in Bewegung setzt, beginnt das an letzterem befestigte und somit von der Bewegung der Flüssigkeit regierte Stäbchen sich auf- und abzubewegen und giebt die Form des Pulses genau an. Will das Spiel der Flüssigkeit nicht recht gelingen, so lässt man durch den Hahn je nach Bedürfniss etwas mehr Flüssigkeit zu oder ab, oder beschwert das Stäbchen etwas, keinenfalls aber so viel, dass der Schlauch sich am Ende der Diastole im Zustande völliger Erschlaffung befindet. Die Schlagweite des Stäbchens ist natürlich je nach dessen Länge und der Grösse des Gummicylinders verschieden gross; sie beträgt bei einem etwa 2'' langen Stäbchen $^3/_4$—1'', eine Grösse, die vollkommen hinreichend ist, um ein deutliches Bild von der Form des Pulses zu erhalten. Die Aufzeichnung des letzteren geschieht in der bekannten Weise entweder auf einer Kymographion-Trommel oder indem man mittels eines Uhrwerkes eine beruste Ebene an dem mit einem Haar versehenen Stäbchen *g* vorbeiführt. In Fig. 4

Fig. 4.



ist eine mittels des beschriebenen Apparates auf einer Trommel aufgezeichnete Curvenreihe des Radialpulses dargestellt. Die

Steilheit der Curven ist durch eine leider zu geringe Umdrehungsgeschwindigkeit der Trommel veranlasst, doch scheinen sie mir, zumal die Befestigung der Hand bei ihrer Aufzeichnung noch eine mangelhafte war, hinreichend die Möglichkeit zu beweisen, mit jenem Instrument den Puls genau aufzuzeichnen. Ich verkenne durchaus nicht die mancherlei Unvollkommenheiten, die dasselbe noch besitzt; sie scheinen mir jedoch weniger in dem Prinzip, nach welchem es gebaut ist, als vielmehr in der mangelhaften technischen Ausführung zu liegen, und können gewiss noch von geschickteren Händen als den meinigen beseitigt werden. Vorzüglich ist die Uebertragung der Pulsform auf den Hebel auf eine zweckmässigere Weise als es mir bis jetzt gelang noch zu vermitteln. Indess bietet das Instrument auch in der jetzigen Gestalt mehrere Vortheile dar, die es mir brauchbar erscheinen lassen und darin gefunden werden, dass man die Form des Pulses auch ohne schriftliche Aufzeichnung, indem man nur eine Scala hinter dem schwingenden Stäbchen anzubringen braucht, ohne besondere Schwierigkeiten dem Auge deutlich sichtbar machen und die Schwankungen der Stärke des Pulses genauer und längere Zeit hindurch beobachten kann, als dies mit dem Marey'schen Apparat möglich ist.

Aus der Fig. 4 dargestellten Kurvenreihe ersehen wir, dass das Aufsteigen des Pulses ununterbrochen, das Absteigen dagegen in zwei Hauptmomenten geschieht, zwischen denen sich eine nochmalige geringe Steigung bemerklich macht. Das Zustandekommen jener Steigung, die mehr oder weniger bei allen Gesunden beobachtet werden kann, lässt sich an einem das Herz und Gefässsystem darstellenden Apparat leicht veranschaulichen. An einem circa 3'' langen Stück eines sogen. Ochsenschlundes, das ich, um es vor Fäulniss zu schützen und möglichst wasserdicht zu machen, vorher gegerbt und innerlich mit einer Kautschuklösung überzogen hatte, ist mittels kurzer Röhrenstücke ein leicht für sich herausnehmbares Ausgangs- und ein Eingangsventil angebracht und beide Oeffnungen durch einen circa 14' langen und 3/4'' Lumenhaltenden, nicht zu dickwandigen Kautschuckschlauch mit einander verbunden. Das das Eingangs- (der Mitralis entsprechende) Ventil tragende Röhrenstück ist mit einem Tubulus versehen, auf welchem mit Einschaltung eines kurzen Gummischlauches eine 6 Fuss lange, zur Füllung des Apparates und Regulirung des Druckes dienende, oben mit einem Trichter versehene Glasröhre aufgebunden ist. In der Mitte des Schlauches ist ein dem Haargefässsystem entsprechender Widerstand eingeschaltet. Ahmt man nun, nachdem der Apparat mit Wasser gefüllt

und mässig anspannt, alle Luft daraus entfernt und er von der Füllungsröhre (durch Compression des diese mit dem erwähnten Tubulus verbindenden Schlauches) abgeschlossen ist, an der Blase die Zusammenziehungen des Herzens nach, so nimmt man an dem Manometer, wenn man es auf den dem arteriellen System entsprechenden Schlauchtheil setzt, dieselben Erscheinungen wahr, wie sie der Puls der Radialis darbietet, d. h. ein momentanes in die Höhe Schnellen der Flüssigkeit und ein in zwei Absätzen erfolgendes Sinken, zwischen denen eine nochmalige geringe Steigung bemerklich ist. Setzt man hingegen das Manometer jenseits des eingeschalteten Widerstandes auf den dem Venensystem entsprechenden Schlauchtheil, so erhält man ein gleichmässiges Steigen und Fallen der Flüssigkeit. Wiederholt man den ersten Versuch, nachdem man das Ausgangs- (Aorten-) Ventil entfernt hat, so findet im Manometer diesseits so gut wie jenseits des Widerstandes ein gleichmässiges Aufsteigen und Fallen der Flüssigkeit statt. Macht man endlich das Klappenventil mässig insufficient, so bekommt man ähnliche Erscheinungen wie im ersten Versuch, jedoch mit dem Unterschied, dass die diastolische Steigung jetzt c. p. viel geringer ist als bei unversehrter Klappe. Diese Versuche beweisen, dass jene zweigetheilte Contraction des Schlauches sowie die diastolische Expansion desselben durch den Schluss des Ausgangsventils, letztere durch eine von diesem aus zurückgeworfene Welle, erzeugt werde. Auch ohne Aufsetzen des Manometers nimmt man bei einigermassen starker Contraction der Blase jene Bewegungen am Schlauche selbst wahr. In gleicher Weise sind auch die am Arterienpuls wahrgenommenen Erscheinungen zu erklären. Sobald die Ausdehnung der Schlagadern ihren höchsten Grad erreicht hat, also am Ende der Systole, beginnt ihre zusammenziehende Kraft zu wirken; es wird das Blut zum Theil nach dem Herzen zurückgeworfen, und zwar bis der Schluss der Aortenklappen erfolgt ist. Sofort mit Aufhören der Herzkraft lässt daher auch die Spannung der Gefässe, sowohl durch das Strömen des Blutes nach den Haargefässen als auch durch jenes Zurückstauen des Blutes nach dem Herzen zu, schnell nach. So entsteht das erste diastolische Moment, das bis zum Schluss der Aortenklappen andauert und im Manometer als erste Senkungslinie sich darstellt. Das zweite Moment wird gebildet von einer durch das

Anprallen des Blutes an die Aortenklappen erzeugten Welle, die nach dem peripherischen Theil des Gefässsystems zurückgeworfen wird und sich am Manometer als diastolische Steigung der Flüssigkeit kund giebt. Das dritte diastolische Moment endlich bildet die jener Steigung folgende arterielle Contractionsperiode, die am Manometer als zweite Senkungslinie erscheint. —

Es ist übrigens diese in mehreren Zeitabschnitten erfolgende Contraction der Gefässe nicht blos durch die erwähnten Hülfsmittel nachweisbar, sondern man kann sich auch ohne dieselben von jener Thatsache bei verschiedenen Gelegenheiten überzeugen; schlägt man z. B. die Beine so über einander, dass die Kniekehle des einen auf dem Knie des andern ruht und das erste Bein frei herabhängt, so theilt sich der Pulsschlag dem letztern mit; man beobachtet aber nicht ein einfaches Auf- und Abschwingen, sondern das Sinken geschieht ebenfalls in zwei Momenten, zwischen denen eine nochmalige Steigung des Gliedes bemerklich ist. Vierordt hält diese Erscheinung für eine lediglich durch äussere Ursachen bedingte Nachschwingung und den am Bein sichtbaren Puls für einen Pseudodicrotus. Ich lasse es dahingestellt, ob jene 2te Schwingung lediglich durch äussere Einflüsse bedingt werde. Keinenfalls aber scheint dieselbe am Ende der Hauptschwingung zu geschehen, vielmehr letztere zu unterbrechen. Nach dem, was man mittels des Sphygmographen wahrnimmt, zu urtheilen, fällt diese Unterbrechung gerade in die Zeit, wo die arterielle Contraction mit Schliessung der Aortenklappen momentan nachlässt, und diesem plötzlichen Nachlass der Contraction, welche dem weiteren gleichmässigen Sinken des Pulses ein Hinderniss in den Weg legt, muss wohl jene Unterbrechung der Hauptschwingung zugeschrieben werden. Es ist sonach jene zweite Schwingung nicht als Nachschwingung, sondern als Zwischenschwingung anzusehen.

Sind die Aortenklappen (bis zu einem gewissen Grade) insufficient, so kann, weil ihr Schluss nicht hinreichend zu Stande kommt, die von ihnen zurückgeworfene Welle nicht so stark sein, als es bei unversehrten Klappen der Fall ist, und es kann uns daher nicht Wunder nehmen, wenn wir bei Aortenklappen-Insufficienzen die diastolische Welle an der Radialis entweder geschwächt oder ganz fehlen sehen. In zwei derartigen Fällen, die ich zu beobachten Gelegenheit hatte, fehlte jene Welle einmal ganz, in dem andern war sie sehr undeutlich zu sehen. Dass sich

indess auch bei sehr hochgradiger Aorten-Insufficienz die Form des Pulses anders gestalten kann, werden wir später sehen. — Es bedarf nach dem Gesagten kaum noch eines weiteren Beweises, dass jene diastolische Welle centralen und nicht peripherischen Ursprungs sei. Ihre Grösse hängt vornehmlich von zwei Umständen ab: von der Spannung der Gefässe und von der Stärke der Herzthätigkeit. So sehen wir, dass jene Welle verstärkt wird, wenn wir die Herzaction (z. B. durch angestrengte Bewegungen) vermehren; es bedarf dann erst längere Zeit bis der Puls seine ursprüngliche Form wieder angenommen hat; wir sehen dies ferner, wenn wir den Körper starker Hitze aussetzen und hierdurch die Gefässspannung vermindern; oder wenn wir, wie ich dies beobachtet habe, einen starken Reiz auf die äussere Haut einwirken lassen und hierdurch die Gefässe erschlaffen *). Wir sehen das Umgekehrte, nämlich Schwächung der diastolischen Welle, bei Einwirkung starker Kälte, oder wenn wir die Crural-Arterien des zu untersuchenden Individuums comprimiren lassen, weil wir hierdurch in beiden Fällen die Gefässspannung vermehren **).

Die einzelnen Momente des Pulses zeigen — worauf man bis jetzt nur noch wenig Acht genommen hat — mit dem Wechsel des Ortes der Beobachtung ein sehr verschiedenes Verhalten zu einander. Die diastolische Welle wird im Allgemeinen um so grösser, je näher nach dem Centrum zu man den Puls untersucht. Man kann den Grössenunterschied schon einigermassen bei Vergleichung des Radialpulses mit dem der Tibialis postica beobachten, am meisten aber, wenn man das Manometer auf die Carotis aufsetzt. Diese Erscheinung ist nach den Gesetzen der Wellenbewegung leicht zu erklären: da der Gesammtquerschnitt der peripherischen Gefässe um vieles grösser ist als der der Aorta, so muss eine an deren Ursprung erregte Welle, je mehr sich die Gefässe verzweigen, bei ihrem Fortschreiten um so kleiner werden, ähnlich wie eine Welle, die sich aus einem engen Raum in einen weiten ausbreitet. Abgesehen hiervon tritt natürlich auch durch den von der Spannung der Gefässe gesetzten Widerstand eine allmähliche Schwächung der Pulswellen ein.

---

*) Vgl. meine Untersuchungen über die Wirkungen der Hautreizmittel. Prag. Vierteljahrschr. 1863. 1stes Heft.

**) Vgl. die Untersuchungen von Marey in Gaz. med. de Paris T. XV. No. 15. 19.

Wenn die Form des Pulses in manchen Fällen, z. B. bei abnormer Dicke des Gefässes, an dem sie beobachtet wurde, mit dem eben ausgesprochenen Gesetz nicht übereinzustimmen scheint, so liegt dies eben in örtlichen Verhältnissen und ändert nichts an der allgemeinen Wahrheit desselben.

In umgekehrter Weise als die diastolische Steigung ändert sich im Manometer mit dem Wechsel des Ortes der Beobachtung das Verhältniss der Senkungslinien zu einander. Je weiter der Puls nach der Peripherie fortschreitet, um so länger wird die erste, um so kürzer die zweite; an der Carotis ist die erste so kurz, dass sie kaum sichtbar ist und von der diastolischen Steigung überholt zu werden scheint, an der Tibialis postica ist gerade das umgekehrte zu bemerken. Fig. 5 giebt eine bildliche Darstellung der in ihrem Fortschreiten nach dem Haargefässsystem zu sich verändernden Pulsformen.

Fig. 5.

Im pathologischen Zustande erleidet der Puls bekanntlich sehr vielfache Veränderungen, sowohl hinsichtlich seiner Grösse wie seiner Form. Nach Einwirkung der Digitalis schwindet die diastolische Welle an der Radialis entweder ganz, oder ist doch nur noch äusserst gering vorhanden; die Zeitdauer des ganzen Pulses erscheint verlängert, während sonst das Verhältniss der einzelnen Momente desselben zu einander sich nicht zu ändern scheint. Das Schwinden der diastolischen Welle ist hier jedenfalls durch die herabgesetzte Energie der Herzkraft bedingt: es kann in Folge dessen ihre Reflexion nur mit geringerer Kraft als in normalem Zustande geschehen, und sie muss daher — caeteris paribus — auch schneller verschwinden. Sie lässt sich an der Carotis mittels des Manometers noch nachweisen, an der Radialis meist nicht mehr. —

Von besonderem Interesse ist von jeher der sogenannte

Pulsus dicrotus gewesen. Die hohe Bedeutung, die derselbe in der Pathologie hat, wendete ihm schon frühzeitig die Aufmerksamkeit der Aerzte und Physiologen zu, doch laufen die Ansichten über sein Entstehen bekanntlich noch weit auseinander, und keine derselben konnte bisher als richtig bewiesen werden. Ich will nur einige von ihnen hier anführen. Nach Albers (allg. Pathol. Bonn 1844 Bd. II.) entsteht er in Folge zweier schnell auf einander folgender Systolen; nach Parry und Hamernik geschieht der erste Schlag während der Systole, der zweite entspreche einer Längslokomotion der Arterie, indem das vorher gebogene Gefäss wieder zurück gehe, gerade werde. Nach Andern wird der zweite Schlag des Dicrotus als die Folge einer an der Peripherie reflectirten Welle angesehen u. s. w. Bedarf es indess nach dem früher Gesagten noch einer weitläufigen Erklärung der Entstehung des Doppelschlages? Sie ergiebt sich hieraus ganz von selbst.

Der Umstand, dass eine diastolische Welle schon bei normalem Puls mit Hülfe von Instrumenten nachweisbar ist, lässt sofort vermuthen, dass auch der Dicrotus dieselbe und in noch viel grösserer Stärke besitzen müsse; dass es jene diastolische Welle sei, welche wir bei dem Doppelschlag als zweiten Schlag fühlen; dass mithin der Dicrotus nicht im Wesen, sondern nur graduell vom einfachen Puls verschieden sei. Die Beobachtungen am Krankenbett bestätigen diese Vermuthung vollkommen. Die Form des Dicrotus unterscheidet sich von der des einfachen wesentlich nur dadurch, dass jene diastolische Welle enorm vergrössert ist. Mittels des oben beschriebenen Kautschuckapparates lässt sich die Entstehung des Doppelschlages deutlich veranschaulichen. Legt man an den dem arteriellen System entsprechenden Schlauchtheil den Finger an, während man an der Blase die Herzcontractionen nachahmt, so bekommt man bei mässiger Spannung des Schlauches deutlich das Gefühl des Doppelschlages, das um so stärker hervortritt, je kräftigere Contractionen der Blase man macht; lässt man jedoch das den Aortenklappen entsprechende Ventil hinweg, so bekommt man (abgesehen von den durch die Undulationsbewegungen verursachten Störungen) nur einen einfachen systolischen Schlag. Offenbar wird in ersterem Falle der zweite Schlag durch die diastolische, vom Klappenventil zurückgeworfene Welle erzeugt, der um so stärker ist, mit je grösserer Kraft die Flüssigkeit gegen die Klappe anprallt. Die Einwände, welche gegen diese auch von Buisson vertretene Ansicht über die Entstehung des Dicrotus in den Ge-

fässen etwa noch gemacht werden könnten, lassen sich nicht schwer beseitigen. Fiele der zweite Schlag des Dicrotus, wie von manchen Seiten behauptet wird, mit der Systole zusammen, wäre er also etwa durch unregelmässige Zusammenziehungen des Herzens erzeugt, so könnte die aufsteigende Linie des Pulses nicht uno tenore gehen, sondern müsste gebrochen sein. Ich will gar nicht leugnen, dass dergleichen Pulsformen in gedachter Weise entstehen können; es sind dies aber nicht diejenigen, welche den Doppelschläger gemeinhin charakterisiren. Auch die Behauptung, dass der zweite Schlag des Dicrotus durch eine von der Peripherie aus zurückgeworfene Welle entstehe, ist völlig aus der Luft gegriffen. Desgleichen auch die, dass derselbe durch plötzliche stärkere Contraction eines Arterienstückes erzeugt werde. Wäre es nicht schon an und für sich unbegreiflich, wie sich während der Diastole ein einzelnes Arterienstück so stark zusammenziehen könne, um einen Schlag zu verursachen, so würde mir noch folgender Versuch die Falschheit dieser Ansicht, auf die ich im weiteren Verlauf noch einmal zurückkommen muss, beweisen: *Comprimirte ich bei einem einen deutlichen Doppelschlag zeigenden Kranken in mässigem Grade die Subclavia, ohne jedoch den Puls hierdurch in seiner Stärke merklich zu schwächen, so fühlte ich an der Radialis nur noch den einfachen Puls.* Wäre der zweite Schlag unterhalb der Compressionsstelle entstanden, so hätte er nicht gänzlich schwinden dürfen. —

Fassen wir nun zunächst diejenigen Umstände ins Auge, unter denen jene diastolische Welle so stark wird, dass sie auch durch das Tastgefühl als zweiter Schlag wahrnehmbar ist. Ich habe schon früher erwähnt, dass dieselbe vergrössert wird, wenn man die Herzthätigkeit erhöht; in nicht seltenen dergleichen Fällen, z. B. nach angestrengter Bewegung, kann sie so stark werden, dass man den Puls als Doppelschlag fühlt. *Wir müssen daher eine abnorm erhöhte Thätigkeit des Herzens als eine der Entstehungsursachen des Dicrotus ansehen.* Fragt man, warum derselbe dann nicht bei jeder krankhaft erhöhten Herzthätigkeit beobachtet werde, so ist dagegen zu erwähnen, dass sein Erscheinen, wie wir im weitern Verlauf sehen werden, auch von dem gleichzeitigen Bestehen anderer Zustände mit abhängig ist. *Ausser durch Verstärkung der Herzthätigkeit scheint der Dicrotus auch durch eine Verminderung der mittleren Gefässspannung erzeugt werden zu kön-*

nen. Die Richtigkeit dieser Ansicht kann theoretisch bewiesen werden und scheint durch die Erfahrung sich zu bestätigen. Nach E. H. Weber's Untersuchungen schwinden die in einem mit Wasser gefüllten Schlauch erregten Wellen um so rascher, je mehr derselbe gespannt ist. Je grösser diese Spannung ist, desto grössern Widerstand setzen natürlich die Wandungen des Schlauches dem Fortschreiten der Wellen entgegen, desto schneller werden dieselben auch abgeschwächt und vernichtet. Dasselbe Gesetz gilt rücksichtlich der in den Schlagadern erregten Wellen. Dieselben müssen bei unveränderter Stärke der Herzthätigkeit in stark gespannten Gefässen schneller an Grösse abnehmen als wie bei geringerer Gefässspannung, und es muss somit die diastolische Welle in dem ersten Falle da schon bedeutend geschwächt sein, wo sie in dem zweiten noch eine erhebliche Grösse besitzt (vgl. die a. a. O. beschriebenen Untersuchungen von Marey). Nichtsdestoweniger kann sich jedoch der Puls in beiderlei Fällen, d. h. sowohl bei starker als bei schwacher Gefässspannung, unter gewissen Bedingungen gleich bleiben, dann nämlich, wenn in dem einen Falle bei stärkerer Gefässspannung die Herzthätigkeit entsprechend erhöht, in dem andern bei normaler Herzthätigkeit die Gefässspannung entsprechend verringert ist; es kann dann in beiden Fällen die diastolische Welle gleich stark an der Radialis ankommen und sich als Schlag kund geben, in dem ersten, weil sie bei höherem Gefässwiderstand eine grössere Stärke, in dem zweiten, weil sie bei geringerer ursprünglicher Stärke auch einen geringeren Widerstand zu überwinden hatte. — Es erklärt sich hiernach die Thatsache, dass man den Dicrotus sowohl bei krankhaft erhöhter Herzthätigkeit, als bei Erschlaffung der Gefässe öfters fühlt. Alle diese Verhältnisse lassen sich mit Hülfe des Kautschuckapparates deutlich veranschaulichen. Man bekommt hier, vorausgesetzt, dass die Contractionen der Blase dieselbe Stärke behalten (was man leicht bewirken kann, wenn man sie zwischen zwei durch ein Gelenk verbundene Holzplatten bringt und diese in gleichmässigem Tempo bis auf einen bestimmten Punkt einander nähert), bei starker Spannung des Schlauches schwächere diastolische Schläge als bei schwacher Spannung, und man muss, um in dem ersten Falle eben so starke zu erhalten als in dem zweiten, die Blase entsprechend stärker contrahiren. — Wenn mir nun schon nach den bisher mitgetheilten Versuchen der centrale Ursprung des Doppelschlages kaum mehr zweifelhaft erschien, so ward ich hiervon durch Versuche, welche ich am Leichnam anstellte, vollständig

überzeugt. Auch am Leichnam gelingt es, trotz der Unvollkommenheit, mit der man den Kreislauf künstlich darstellen kann, den Doppelschlag unter geeigneten Umständen zu erzeugen. Leichenbeobachtungen können bekanntlich wegen der schnell eintretenden Veränderungen in vielen Fällen für lebende Körper nicht massgebend sein; die aus den nachfolgenden Versuchen sich ergebenden Resultate jedoch scheinen mir immerhin zu einer Schlussanwendung auch auf den lebendigen Organismus zu berechtigen. — Um den Kreislauf darzustellen, bediente ich mich folgender Vorrichtung: Nach Blosslegung des Herzens wird in den unteren Theil des linken Ventrikels eine Röhre, ungefähr von der Weite der Aorta, eingebunden, an deren anderem Ende ein circa 4'' langes Stück eines Ochsenschlundes befestigt ist; an dem entgegengesetzten Theil dieser Blase befindet sich ein weites Röhrenstück, welches ein nach der Blase zu sich öffnendes Klappenventil trägt. Dieses Röhrenstück steht in Verbindung mit einem circa $^3/_4$'' weiten Kautschuckschlauch, der bestimmt ist, aus einem etwas höher als der Leichnam stehenden, mit einem Hahn versehenen Eimer die einzupumpende Flüssigkeit zuzuleiten. Die rechte Herzkammer ist geöffnet, um der Flüssigkeit, nachdem sie im Organismus gekreist hat, einen Ausweg zu geben. Oeffnet man nun den Hahn des Eimers, so füllt sich sofort die Blase und linke Herzkammer mit Flüssigkeit an; letztere muss, sobald die Blase comprimirt wird, nach dem Herzen, bezügl. nach der Aorta getrieben werden, weil das Eingangsventil der Blase sich durch den Druck sofort schliesst, also ein Rückweichen der Flüssigkeit nach dem Eimer zurück nicht möglich ist. Hört jedoch der Druck auf die Blase auf, so schliessen sich in Folge des arteriellen Druckes die Aortenklappen, wogegen sich das Eingangsventil der Blase wieder öffnet und neue Flüssigkeit aus dem Eimer zulässt. Auf diese Weise gelingt es, ohne grosse Mühe durch rhythmische Contractionen der Blase, die man leicht mit einer Hand regieren kann, die Flüssigkeit in Umlauf zu setzen. Bekanntlich entstehen bei Anwendung reinen Wassers, sobald der arterielle Druck einigermassen stark wird, sehr bald massenhafte Austritte von Flüssigkeit in die Gewebe, welche die Beobachtung in hohem Grade beeinträchtigen. Es ist daher nöthig, um sich vor diesem Uebelstande möglichst zu schützen, sich einer etwas zäheren Flüssigkeit, z. B. einer sehr dünnen, vorsichtig durch Leinewand gegossenen Stärke- oder einer Gummilösung zu bedienen. Die Resultate nun, welche mir die in gedachter Weise am Leichnam angestellten Versuche ergaben,

stimmen mit dem bisher Mitgetheilten im Wesentlichen vollkommen überein, d. h. bei geringer arterieller Spannung liess sich an der blossgelegten Radialis und Brachialis ein deutlicher Doppelschlag wahrnehmen; er trat noch mehr hervor, wenn die in gleicher Stärke und gleichen Zwischenräumen wiederholten Blasencompressionen durch eine plötzlichere und stärkere Compression unterbrochen wurden; er ward hingegen schwächer und schwand endlich, wenn die Gefässspannung durch vermehrtes Einpumpen von Flüssigkeit verstärkt wurde. Leider war es mir wegen Mangel an Material bis jetzt nicht möglich, diese Versuche noch weiter auszuführen und insbesondere sie mit den Abänderungen, wie ich sie am Kautschuckapparat vorgenommen hatte, am Leichnam zu wiederholen. Ueberhaupt kann man den Leichnam wegen der geringen Widerstandsfähigkeit der Gefässe und der hieraus entspringenden Nachtheile zu einigermassen genauen Beobachtungen des Pulses nur kurze Zeit benutzen, doch scheinen mir auch die wenigen hier mitgetheilten eine wesentliche Unterstützung für die Behauptung abzugeben, dass der zweite Schlag des Dicrotus centralen Ursprungs sei, und dass caeteris paribus eine Verstärkung der Herzaction oder eine Verminderung der mittleren Gefässspannung sein Erscheinen bedinge. —

In dem arteriellen Gefässsystem kann die Spannung auf zweierlei Weise verringert werden, entweder durch die allgemeine Verminderung der Blutmasse, oder dadurch, dass der durch das Haargefässsystem gesetzte Widerstand geschwächt wird. Ersteres ist der Fall bei Anämischen, und überhaupt bei herabgekommenen Personen; untersucht man deren Puls, so wird man die diastolische Welle oft grösser finden als es bei Gesunden der Fall ist; sie ist nicht selten so gross, dass sie sich als Schlag kund giebt. Das Erscheinen des Dicrotus bei dergleichen Individuen dürfte hiernach hauptsächlich seinen Grund in der verminderten arteriellen Spannung haben. Denselben Grund der Entstehung, nämlich durch Gefässerschlaffung, scheint der Doppelschläger auch bei vielen septischen Krankheitsformen und vorzüglich beim Typhus zu haben, bei dem er bekanntlich schon sehr frühzeitig eintritt. Es ist hier die Verminderung der Gefässspannung oft schon vorhanden, bevor eine Herabsetzung der Ernährung oder grössere Exsudate, die sie veranlasst haben konnten, sich nachweisen lassen. Sie scheint in dieser Krankheit vorzüglich durch die abnorme Be-

schaffenheit des Blutes bedingt zu sein, wenn schon auch die bald eintretende Anschwellung der Milz, in Folge der hierdurch bewirkten oft nicht unbeträchtlichen Erweiterung des Total-Gefässraumes, ebenfalls mit dazu beitragen mag. Bedenken wir, von wie grossem Einfluss eine grössere oder geringere Zähigkeit der Flüssigkeiten auf deren Durchgängigkeit durch thierische Häute ist, dass z. B. zwei in der Stärke nur wenig von einander verschiedene Lösungen von Eiweiss schon ein sehr ungleiches endosmotisches Aequivalent haben, so lässt sich leicht begreifen, dass auch ein abnorm dünnflüssiges Blut leichter als im normalen Zustand die Gefässe und Capillaren durchströmen und hierdurch die arterielle Spannung verringern kann. Man pflegt aus den oft im Verlauf des Typhus auftretenden Exsudationen und Haemorrhagien eher auf eine Geneigtheit zu Stockungen in dem Capillarsystem zu schliessen*). So sicher nun auch derartige Stockungen in gewissen Krankheiten, z. B. synochaler Pneumonie, der Grund von Flüssigkeitsaustritten aus den Gefässen sind, so wenig scheint dies bei der typhösen Krankheit, wenigstens in gewissen Perioden derselben, und vorzüglich nicht zu Anfang der Krankheit der Fall zu sein. Vielmehr ist hier wohl der nächste Grund zu den häufigen Exsudationen und Hämorrhagien hauptsächlich in der anomalen Mischung des Blutes zu suchen, welchem, da es dünnflüssiger ist, die Gewebe nicht mehr den Widerstand wie im gesunden Zustand entgegensetzen können.

Nach den Untersuchungen von Young (Philos. Transact. 1808 T. II. p. 164; ibid. 1809 T. I. p. 1), welcher vielfache Versuche über die Reibung, die das Blut bei seinem Kreisen in den Gefässen erleidet, angestellt hat, ist schon die Reibung, welche Milch bei ihrem Durchgange durch eine Glasröhre erleidet, dreimal, die von Zuckerwasser (1 Zucker auf 5 Wasser), zweimal so gross als die des reinen Wassers. Stellt man vergleichende Versuche mittels des mehrfach erwähnten Kautschuckapparates an, so wird man finden, dass, wenn man denselben mit einer etwas zähen Flüssigkeit, z. B. dünner Gummilösung gefüllt hat, sowohl der erste als der diastolische Schlag schwächer ist als bei Füllung der Schläuche mit reinem Wasser (vorausgesetzt natürlich, dass in beiden Versuchen die Spannung der Schläuche und die Contractionen

---

*) Eine durch die bei Typhus allerdings rasch erfolgende Herabsetzung der Ernährung bedingte Morschheit der Gewebe mag Austritte von Flüssigkeit aus denselben wohl ebenfalls oft begünstigen, es ist aber kaum anzunehmen, dass eine so grosse Morschheit schon zu Zeiten bestehe, wo sonst noch keine erheblichen objektiven Zeichen herabgesetzter Ernährung nachweisbar sind.

der Blase dieselbe Stärke hatten), und dass c. p. das Wasser den Dicrotus da, wenn auch in abnehmendem Masse, noch fühlen lässt, wo die Gummilösung nur noch den einfachen Schlag anzugeben vermag. —

Je dünnflüssiger nun das Blut ist, desto leichter durchströmt es die Capillaren, desto geringer muss auch caeteris paribus die arterielle Spannung sein. Nun tritt aber beim Typhus das Schwinden des Faserstoffes und das Erscheinen des Dicrotus bekanntlich schon sehr frühzeitig ein, und es zeigt schon zu Anfang dieser Erkrankung die auffällige Celerität und Zusammendrückbarkeit des Pulses dem tastenden Finger eine Verminderung der Gefässspannung an. Dass letztere von der Abnahme des Faserstoffes wenigstens grossentheils abhängig sei, dürfte nach dem Gesagten sehr wahrscheinlich sein. —

Welchen Einfluss die arterielle Spannung auf die Entwicklung des Pulses habe, bezüglich dass ihre Verminderung den Doppelschlag herbeiführen könne, haben wir nun bereits mehrfach gesehen; Thatsache scheint es mir nach den bisherigen Untersuchungen und nach den Fällen, die ich selbst beobachtet habe, zu sein, dass die diastolische Welle zumeist und zwar schon zu Anfang des Typhus auch in den Fällen anomal vergrössert ist, wo der Puls noch nicht dem Gefühl nach doppelschlägig ist; es erreicht diese Vergrösserung natürlich nie den Grad als wie bei ausgeprägter Dicrotität. Einen Hauptbeweis aber dafür, dass der Dicrotus durch Verminderung der arteriellen Gefässspannung in vielen Fällen herbeigeführt werde, giebt mir in schlagender Weise folgender Versuch, den ich in vier Fällen ausgezeichneten Doppelschlages anzustellen Gelegenheit hatte. Ich liess die Crurales comprimiren, um die Gefässe oberhalb der Compressionsstelle in erhöhte Spannung zu versetzen, und fand bei jedesmaliger Compression an der Radialis folgende auffällige Veränderung des Pulses: der 2te Schlag des Dicrotus schwand in drei Fällen ganz, in dem einen blieb er nur angedeutet vorhanden; er kehrte aber sofort wieder, wenn die Compression aufgehoben wurde. —

Noch möchte ich hier einer Erscheinung Erwähnung thun, die man als Beweis für die bereits oben erwähnte Ansicht angeführt hat, dass der Doppelschlag unabhängig von der Herzcontraction sei und vielmehr durch Contraction centralerer Arterienstücke erzeugt werde: die Thatsache nämlich, dass er öfters nur an der einen Radialis auftritt, während die andere

einen normalen Puls zeigt. Es ist diese Erscheinung immerhin beachtenswerth, weil sie uns auf bestehende Verschiedenheiten in der Blutcirkulation einzelner Gefässprovinzen hinweist. Unmöglich kann sie aber als ein Beweis gegen die Annahme eines centralen Ursprungs des Doppelschlages gelten. Ist doch schon oft im normalen Zustand der Puls an den Radialgefässen verschieden, wenn die Entwicklung der Arme verschieden ist. Wird der eine Arm mehr geübt als der andere, so nehmen natürlich auch die bezüglichen Gefässe eine verschiedene Beschaffenheit an; daher der oft auffällige Unterschied zwischen dem rechten und linken Radialpuls. Denken wir uns nun, dass in einer Gefässprovinz das Blut die Capillaren leichter durchströme als in der andern — eine Möglichkeit, welche man nicht wegleugnen kann — so muss natürlich auch die Spannung in den jene Capillaren versorgenden Schlagadern eine geringere als in den andern Gefässen sein, und es können jene, deren Wandungen die ankommenden Blutwellen weniger schwächen, da noch einen Doppelschlag geben, wo die gespannteren Gefässe nur noch den einfachen Puls zeigen. —

Aus dem Gesagten ergiebt sich nun in Kürze:

1) dass die Contraction der Schlagadern in zwei — an dem aufgesetzten Manometer als deutlich unterscheidbare Senkungslinien erscheinenden — Zeitabschnitten erfolgt, zwischen denen eine abermalige durch eine diastolische Welle bedingte Expansion der Gefässe statt findet;

2) dass das Längenverhältniss dieser Senkungslinien zu einander mit dem Ort der Beobachtung des Pulses wechselt, und zwar, dass die erste derselben um so länger wird auf Kosten der zweiten, je mehr der Puls nach der Peripherie zu fortgeschritten ist, und umgekehrt;

3) dass dagegen die zwischen den beiden Momenten der arteriellen Contraction liegende — am Manometer durch abermaliges Steigen der Flüssigkeit sich kund gebende — diastolische Welle um so kleiner wird, je weiter sich der Puls vom Herzen entfernt;

4) dass diese diastolische Welle durch eine Reflexion des Blutes von Seiten der Aortenklappen bedingt wird;

5) dass caeteris paribus diese Welle im Allgemeinen vergrössert wird
   a. durch Vermehrung der Herzthätigkeit,
   b. durch Verminderung der arteriellen Spannung;
6) dass der zweite Schlag des Pulsus dicrotus durch jene von den Aortenklappen aus reflektirte Welle erzeugt wird;
7) dass also dieser zweite Schlag in die Zeit der Diastole dzs Herzens fällt;
8) dass somit der Doppelschläger nur gradweise, nicht dem Wesen nach von dem einfachen Puls verschieden ist, d. h. dass der zweite Schlag nur durch eine abnorme Verstärkung der schon beim einfachen Puls vorhandenen nach der Peripherie zu reflectirten Welle entsteht;
9) dass caeteris paribus die gewöhnliche Entstehung des Dicrotus durch eine Verstärkung der Herzaction oder eine Verminderung der Gefässspannung bedingt werde. —

Zum Schluss dieser Abhandlung bemerke ich noch, dass der Instrumentmacher Herr Hornn in Leipzig die technische Ausführung der oben beschriebenen Apparate übernommen hat und dieselben unter Berücksichtigung möglichster Billigkeit liefern wird. Ich hoffe sicher, dass durch Anwendung eines passenderen Schreibapparates, sowie durch mehrfache andere noch nachträglich angebrachte Verbesserungen die Curven noch vollkommener als die hier mitgetheilten ausfallen werden. — Der Ersatz des Stäbchens *g*, Fig. 3, durch einen langen Strohhalm (in Fällen, wo es auf eine Aufzeichnung des Pulses nicht ankommt) macht das Instrument vorzüglich geeignet, die Pulsformen in natürlichster Weise ad oculos zu demonstriren.

Bereits nach Beendigung vorstehender Arbeit bekam ich die Untersuchungen von Duchek (Wien. med. Jahrb. 1862. p. 49 ff.) zur Hand, welcher zu ganz andern Resultaten, als ich sie erhielt, gekommen ist, und insbesondere die Ansicht, dass der Doppelschlag centralen Ursprungs sei, bestreitet. Die Gründe, die er hiergegen anführt, scheinen mir jedoch nichts weniger als beweisend zu sein, und ich brauche zu deren Widerlegung im Allgemeinen nur auf das zu verweisen, was ich bereits im Vorstehenden gesagt habe. Um sich über die in Rede stehenden Verhältnisse ein richtiges Urtheil zu bilden,

ist die Verfertigung eines Kautschuckapparates in der Weise, wie ich es angegeben, dringend zu empfehlen, da man sich mit dessen Hülfe leichter und schneller Klarheit verschaffen kann, als es weitläufige schriftliche Auseinandersetzungen vermögen.

Nur wenige Worte der Ergänzung habe ich hier noch hinzuzufügen. Nach Duchek kann die Theorie der Wellen-erzeugenden Repercussion des Blutes an den Aortenklappen unmöglich auf jene Fälle angewendet werden, wo jene Klappen gänzlich zerstört sind; er theilt zum Beweis dessen einige Fälle (Fig. 11. 13. 14. a. a. O.) mit, deren Curven sich allerdings nicht wesentlich von denen des normalen Pulses unterscheiden. Diese Curven beweisen nun zwar, dass die diastolische Welle in Fällen, wo die Aortenklappen gänzlich zerstört sind, einen andern als den angegebenen Ursprung haben müssen, sie können aber nicht als Beweis dafür dienen, dass in Fällen, wo jene Klappen gesund sind, jene Wellen diesen Ursprung nicht haben; sie können überhaupt nicht, worauf es doch im Grunde ankommt, das centrale Entstehen derselben widerlegen. Sind gar keine Klappen vorhanden, so muss der Rückschlag des Blutes von den Herzkammern aus in ähnlicher (den mitgetheilten Curven nach anscheinend unregelmässigerer) Weise erfolgen als wie bei vorhandenen Klappen. Es ist begreiflich, dass das Blut, wenn es beim Zurückstauen am Ostium aorticum gar kein Hinderniss findet, mit Macht an die Kammerwandungen anprallen muss, und dass in Folge dessen der hierdurch erzeugte Rückschlag eben so stark und noch stärker sein kann, als wie bei gesundem Herzen. Anders dagegen verhält es sich, wenn die Klappen nur in mässigem Grade insufficient sind. In dergleichen Fällen, wo noch ein Aufblähen der Klappen zu Stande kommt, erfolgt der Rückschlag des Blutes noch an diesen selbst, er kann jedoch, da noch ein theilweises Abweichen des Blutes nach dem Herzen zu hierbei stattfindet, nicht mit derselben Kraft, die Entwicklung der Welle also auch nicht mit derselben Stärke erfolgen, wie bei unversehrten Klappen, und es muss daher die letztere bei ihrem Fortschreiten auch schneller verschwinden. Duchek theilt selbst zwei dergleichen Fälle mit (a. a. O. Fig. 18. I u. II), welche eine erhebliche Schwächung des Dicrotus wahrnehmen lassen. — Weiter sagt D.: wäre die Ansicht richtig, dass eine zweite intermediäre Welle von der Aorta ausgehe, so müsste sie, wie die vom Herzen angeregte, beim weiteren Fortschreiten in enge und von dem Herzen entfernte Arterien abgeschwächt werden, was nach seiner Erfahrung nicht

der Fall sei. Ich muss dieser Behauptung Duchek's widersprechen. Das Marey'sche Kymographion, dessen er sich bediente, kann bekanntlich nicht an jedweder Stelle des Körpers in passender Weise zur Pulsmessung angelegt werdan, ist überhaupt zur Angabe von Unterschieden, wie sie hier in Betracht kommen, nicht fein genug; man untersuche dagegen, wie ich oben angegeben habe, den Puls an verschiedenen Stellen des Körpers mittels eines feinen Manometers, vergleiche vorzüglich den Puls der Tibialis oder Radialis mit dem der Carotis, und man wird finden, dass die diastolische Welle in der That, je weiter vom Centrum ab, um so schwächer wird. Schliesslich muss ich hier noch einer Beobachtung Duchek's gedenken, die er als Hauptbeweis gegen die Rückschlagstheorie anführt. Ihr widerstreite, sagt er, das Factum, dass er an der A. radial. sinistr., die unterhalb einer aneurismatisch erweiterten Brachialis entsprang, den Dicrotus sehr deutlich gefunden habe, während er auf dem Aneurisma-Sack fast fehlte, und an der A. radialis der gesunden Seite sogar etwas weniger bemerklich war (a. a. O. Fig. 25). Wie diese Beobachtung gegen die Rückschlagstheorie sprechen soll, ist mir nicht recht einleuchtend. Die auf und unterhalb des Aneurisma's beobachteten Veränderungen des Pulses können von den verschiedensten, durch örtliche Verhältnisse bedingten Zufälligkeiten abhängen, die zwar den Puls an Ort und Stelle zu modificiren, nicht aber irgend welche Beweise für oder gegen die centrale Entstehung des Dicrotus zu geben vermögen. Man müsste, damit dies geschehen könne, jedenfalls erst die innere Beschaffenheit des Aneurisma und dessen Wandungen etc. kennen, was wohl kaum ohne Aufschneiden des Aneurisma möglich sein dürfte. Vor Allem aber hätte D. zur Begründung seines Einwurfes die Form des Pulses, bevor dieser in das Aneurisma eintrat, untersuchen müssen, um zu constatiren, ob nicht auch vor dessen Eintritt die Dicrotität vorhanden war. Sollte das letztere, wie es kaum zweifelhaft ist, der Fall gewesen sein, so kann man in der angezogenen Beobachtung vollends keinen Grund erblicken, welcher gegen die Annahme einer centralen Entstehung der Doppelschlägigkeit sprechen könnte. Vorausgesetzt, dass die Blutbahn innerhalb des Aneurisma beträchtlich erweitert ist, muss die die Doppelschlägigkeit bedingende diastolische Welle nach dem Gesetze der Wellenbewegung an dem Orte der Erweiterung schwächer werden, und wieder, soweit es die Reibung nicht hindert, stärker, sobald sich der Raum wieder verengt.

Histologische und physiologische Studien.

Dritte Reihe.

Von

G. Valentin.

VIII. Ueber Zeichnungen an dem Körper der Spermatozoiden einzelner Säugethiere.

Die Untersuchung der Samenmasse des Bären mit älteren Schiek'schen Linsen und die Benutzung gelben Lampenlichtes hatte mir vor längerer Zeit eine Reihe innerer Kugelgebilde an dem Körper der Spermatozoiden gezeigt, die ich als Organe dem damaligen Standpunkte entsprechend deuten zu müssen glaubte. Neuere Objective von Schiek und ein mit besonderer Sorgfalt von dem verstorbenen Kellner verfertigtes, mit orthoskopischen Ocularen versehenes Mikroskop standen mir zu Gebote, als ich wiederum frischen Samen des Bären erhielt. Diese vollkommeneren Prüfungsmittel zeigten mir bald, dass man mehr Zeichnungen an dem Körper der eingetrockneten Spermatozoiden, als ich das erste Mal gesehen, schon bei Tageslicht wahrnehmen könne. Der Vergleich der Bilder, welche die erwähnten Linsen von Schiek und von Kellner, so wie die Mikroskope ersten Ranges anderer Künstler lieferten, führten zu dem Schlusse, dass die eingetrockneten Spermatozoiden des Bären eines der besten Testmittel für die definirende Kraft eines Vergrösserungsinstrumentes bilden. Die Hoden des zweiten von mir benutzten Bären waren durch einen unglücklichen Zufall abhanden gekommen, nachdem ich erst wenige Präparate der Spermatozoiden aufbewahrt hatte. Nur Fachgenossen, die mich besuchten, konnten sich daher überzeugen, dass die Körper der Spermatozoiden des Bären

Bilder darbieten, wie man sie bei der fast allgemein behaupteten Einfachheit dieser Samenelemente nicht erwarten würde. Da ich einen mit reifem Samen versehenen Hoden des Bären in dem vorigen Frühjahre wiederum erhielt, so war ich im Stande, einen Vorrath von Präparaten anzufertigen, von dem ich einzelne Exemplare befreundeten Mikroskopikern und Optikern mittheilen konnte. Das 5 Jahre alte Thier, von dem sie stammten, wurde in der letzten Hälfte des April erschossen, während die Begattungszeit der in dem Berner Bärengraben gehaltenen Bären in den Juni oder Juli fällt. Die zwei Hoden, von denen der eine noch in der Bauchhöhle lag, hatten eine sehr ungleiche Grösse. Nur der Samenleiter und der Nebenhode des grösseren enthielten vollkommen entwickelte Spermatozoiden.

Man sieht die Zeichnungen hiervon an vielen ganz frischen Spermatozoiden. Hat man aber die beweglichen Samenelemente des Bären oder anderer Geschöpfe in getrocknetem Zustande aufbewahrt, so können sie noch nach vielen Jahren zu dem Nachweise jener Schattenbänder dienen. Ich lasse sehr feine unmittelbar oder mit dem Pinsel aufgestrichene Streifen der Samenmasse aus dem Samenleiter oder dem Gefässe des Nebenhodens auf einem dünnen Deckgläschen eintrocknen und hebe dieses frei oder nach der Befestigung auf einer grösseren Glasplatte auf. Das Erstere hat den Vortheil, dass man später die Untersuchung an der Seite, auf der sich die Samenmasse befindet, unmittelbar vornehmen kann und daher nicht durch die schädlichen optischen Einflüsse eines Deckgläschens gestört wird. Die Beobachtung unter einem solchen wird übrigens auch mit den Mikroskopen von Kellner, Schiek oder Nachet ohne merklichen Uebelstand vorgenommen. Dickere aufgestrichene Samenmassen oder gar ein grösserer eingetrockneter Tropfen liefern ungünstigere Bilder. Nur die an dem Rande oder an einem Lückenpunkte zerstreuten Spermatozoiden erhalten sich dann in brauchbarem Zustande. Die übrige Hauptmasse ist nicht durchsichtig genug, um alle Einzelnheiten erkennen zu lassen. Der feste Rückstand der Samenflüssigkeit stört hier in wesentlicher Weise.

Das Verfahren des Eintrocknens hat sich mir an Spermatozoiden der verschiedensten Classen der Wirbelthiere und der wirbellosen Geschöpfe, so wie an denen der Kryptogamen bewährt. Die einzige mir bis jetzt vorgekommene Ausnahme betrifft die so eigenthümlichen unbeweglichen, mit Haaren besetzten Tonnengebilde der Samenmasse des Flusskrebses, die man für die vollkommen reifen Spermatozoiden dieser Thierart

zu halten pflegt. Die Innentheile des Centralkörpers werden hier bei dem Eintrocknen undeutlicher. Ich kenne kein besseres Mittel, sich von der Anwesenheit einer Flimmermembran an dem Schwanze der Spermatozoiden der Tritonen zu überzeugen, als die Untersuchung an eingetrockneten Exemplaren vorzunehmen. Die einzelnen durch Einschnitte gesonderten Lappen der Flimmerhaut werden dann noch nach Jahren durch ein mittelmässiges Mikroskop erkannt.

Der Körper der Spermatozoiden des Bären und der anderen später zu erwähnenden Säugethiere enthält drei streifenartige Reihen rundlicher Gebilde, die wir mit den Namen des vorderen, des mittleren und des hinteren Bandes der Kürze wegen bezeichnen wollen, weil das erste an dem vordersten Ende, das zweite in der Mitte oder etwas von derselben entfernt und das dritte ganz nach hinten in der Nachbarschaft des Schwanzes liegt. Das mittlere Band kann auch, wie wir sehen werden, in Ausnahmsfällen mehrfach sein. Jedes Spermatozoid des Bären zeigt sogleich ein mittleres Band, *b* Fig. 1. und ein hinteres *c* unmittelbar vor der Anheftung des Schwanzes. Das vordere *a* stellt sich oft nur in der Form eines dunklen Schattens oder eines blauschwarzen Kugelgebildes, häufig dagegen auch in der Gestalt eines breiten Querbandes, das sich dicht an dem vordersten Körperrande befindet, dar. Da es diesem genau folgt, so ist es nicht immer gerade, sondern vorn mehr oder minder ausgehöhlt. Manche Spermatozoiden bieten Bilder dar, die an der Realität dieses vordersten Bandes zweifeln lassen. Das Ganze hat dann das Ansehen eines blossen Schattenstreifens oder einer unbestimmten etwas dunkleren Parthie. Diese Bilder zeigen sich sowohl an den vollständigen Spermatozoiden, als an denen, die ihre Schwänze verloren haben. Braucht man das Ocular 1 und das Objectivsystem 2 des Kellner'schen Mikroskopes, so erscheinen immer das mittlere und das hintere und oft auch das vordere Band scharf und von blauschwarzer Farbe. Alle anderen Mikroskope, unter denen ich diese Gebilde untersuchte, geben die Bänder mit weniger scharfen Rändern, heller und mehr blaugrau. Der Vorzug, den das Kellner'sche Instrument in unserem Falle darbietet, liegt nicht in dem orthoskopischen Oculare, sondern in dem Systeme der Objectivlinsen. Vertausche ich z. B. das erstere mit dem grössten aplanatischen oder dem nächsten stärker vergrössernden Oculare von Schiek, so werden die Bilder der Querbänder noch schöner als bei der Benutzung des orthoskopischen Oculares, weil jene Schiek'schen Oculare

Fig. 1.
a
b
c

ein grösseres Gesichtsfeld, mithin auch mehr Helligkeit haben. Die gehörige Dämpfung des Lichtes durch die Schattenscheibe macht anderseits alle Gebilde deutlicher, als in zu hellem Lichte. Die Verbindung jener Schiek'schen Oculare mit einem neuern Objectivsysteme desselben Künstlers liefert die drei Bänder in befriedigender Weise, obgleich nur blaugrau und mit nicht ganz scharfen Rändern. Dieses Bild ist nächst dem Kellner'schen das beste, das mir überhaupt vorgekommen.

Spätere Beobachtungen belehrten mich, dass die Spermatozoiden des Bären nicht die einzigen sind, welche die Querbänder mit Hülfe der Linsen von Kellner, Schiek, Nachet oder Hartnack erkennen lassen. Das mittlere Querband fiel mir zuerst während einer Vorlesungsdemonstration in einzelnen eingetrockneten Spermatozoiden des Widders auf. Es ist oft verhältnissmässig schmal. Schwache Schattenflecke oder ganz schmale Querbänder finden sich häufig an dem vorderen und dem hinteren Körperende. Diese sind jedoch weit blasser und von matterer Farbe, als in dem Bären. Ein genaueres Studium der eingetrockneten Spermatozoiden des Hundes lässt in der Regel die Flecke an dem Hinterende des Körpers am leichtesten und zwar als verhältnissmässig ziemlich dunkele Massen erkennen. Man sieht ausserdem in vielen Körpern ein bläuliches mittleres Querband, in anderen noch ausserdem einen breiteren blauschwarzen Streifen an dem vordersten Körperende.

Die Spermatozoiden der Katze, deren Körper kleiner als der des Hundes ist, lassen meist einen dunkelen Längsstrich oder einen Punkt erkennen. Manche geben aber ebenfalls zwei oder eine grössere Zahl deutlicher Querbänder, von denen das hinterste das dunkelste zu sein pflegt. Selbst die Linsen von Kellner oder Schiek zeigen sie aber nur in den wenigsten Exemplaren unter Hunderten, die man prüft.

Die Spermatozoiden des Kaninchens waren mir die lehrreichsten nächst denen des Bären. Das vorderste Körperende bietet häufig eine ringförmige Contour, wie in *b* Fig. 2 gezeichnet worden, dar. Manche Körper haben ein einfaches mittleres Querband, *a* Fig. 2. Andere dagegen lassen zwei, *b* Fig. 2, drei oder selbst vier erkennen, so dass man an die Reifen eines Fasses erinnert wird. Man findet noch andere, die zwei deutliche und gesonderte Querbänder vorn oder in der Mitte, hinten dagegen eine nicht genau bestimmbare Menge anderer haben. Die Letzteren erscheinen

Fig. 2.

wie hingehauchte, oft dicht bei einander liegende Schattenstreifen.

Untersucht man die frische Samenmasse des Meerschweinchens, so erkennt man mit Kellner'schen Linsen, dass der Körper vorn Körner und hinten einige längliche Gebilde enthält. Das Ganze ist jedoch so durchsichtig und unbestimmt, dass sich kein sicheres Urtheil nach der Untersuchung in hellem Tageslichte fällen lässt. Die eingetrockneten Spermatozoiden erscheinen so hell, dass ihre Bänder erst mit den besten Linsen und zwar meist in gedämpftem Lichte erkannt werden. Gehören auf diese Art die Spermatozoiden des Meerschweinchens keineswegs zu den günstigsten Untersuchungsgegenständen, so vermag doch über die Anwesenheit von Bändern in ihnen kein Zweifel aufzukommen. Die Form derselben wechselt bedeutend. Man sieht häufig ein gerades oder ein bogenförmig gekrümmtes mittleres Band. Ein dunkeler Fleck erscheint in der Regel statt eines hinteren Bandes. Man erkennt endlich vorn einen breiten bogenförmigen Schatten oder eine Art Aushöhlung, die von zwei Schattenrändern begrenzt wird. Ich fand in anderen Fällen zwei gekrümmte mittlere Bänder oder einen hinteren halbmondförmigen Schatten und ein etwas weit nach vorn liegendes mittleres Bogenband. Alle diese Figuren treten erst durch das Eintrocknen deutlich hervor und manche von ihnen entstehen wahrscheinlich durch Unebenheiten, die in dem frischen feuchten Zustande nicht vorhanden sind.

Ich liess Spermatozoiden des Bären und solche des Meerschweinchens, welche deutliche Bänder darboten, in Wasser aufweichen. Die Körper wurden dadurch heller, so dass man die Zeichnungen weniger leicht erkannte. Sie erhielten sich aber in vielen mit auffallender Deutlichkeit. Es wäre möglich, dass diejenigen Spermatozoiden, in denen dieses vorkam, nicht vollständig aufgeweicht waren. Diese Art von Erfahrungen führt überhaupt zu der Vermuthung, dass manche Zeichnungen, die man an den eingetrockneten Spermatozoiden wahrnimmt, durch Unebenheiten erzeugt werden, die sich erst durch das Eintrocknen selbst gebildet haben.

Einzelne günstige Präparate zeigten mir ein oder zwei sehr helle Querbänder in dem an und für sich hellen Körper der so selten vorkommenden Spermatozoiden des Maulesels. Die meisten Exemplare dagegen lieferten keine Anschauung der Art.

Die ungünstigsten Bilder, die ich mittelst der Kellner'schen oder der Schiek'schen Objective aus den Spermatozoiden

der genannten Säugethiere erhalte, sind noch so scharf, dass ich sie mit Leichtigkeit auf weissem Papiere mittelst der an den matt geschliffenen Wänden geschwärzten Camera lucida von Nachet*) zeichnen und durch das Reversionsprisma von Amici mit allen Einzelnheiten sehen kann. Eben so nahm ich die mehrfachen Querbänder nicht bloss in den Elementen des frischen Samens, sondern auch in den noch feuchten und in den später getrockneten Spermatozoiden des Kaninchens

---

*) Diese Vorrichtung eignet sich unter allen mir bekannten Apparaten am besten, um die Vergrösserung einer Linsencombination des Mikroskopes oder die Grenzen der Sehweite des Auges für mikroskopische Untersuchungen zu bestimmen. Da Harting (Das Mikroskop. Uebersetzt von Theile. Braunschweig 1859. 8. S. 901. 902) als Camera lucida von Nachet eine andere Vorrichtung beschreibt, als die, welche ich gebrauchte, so bemerke ich, dass die meinige aus einem Glasparallelopiped bestand, dessen rechte und linke Fläche um 135° gegen die entsprechende wagerechte Fläche geneigt waren. Der durchsichtige Theil der Unterfläche wich ungefähr 5° von der wagerechten Richtung ab. Die rechte Seitenfläche endlich hatte ein ausgefeiltes Glasstück mit ebener Oberfläche, dessen Mitte von der Achse der Durchsichtsöffnung senkrecht getroffen wurde. Die von dem Bleistifte und dem Zeichenpapiere senkrecht heraufkommenden Strahlen treten also bei dieser Vorrichtung durch den durchsichsigen unter 5° geneigten Theil der Parallelopipeds ein, werden an der linken Seitenfläche wagorecht und an der rechten senkrecht zurückgeworfen, da man hier immer Neigungsflächen von 45° Grad hat. Sie gelangen durch die Durchsichtsöffnung in das Auge. Dieses sieht aber zugleich das mikroskopische Bild direct, wenn sich die Linse der Durchsichtsöffnung und der runden Grundfläche des oben erwähnten angeführten Stückes in der Richtung der Linse des Mikroskopes befindet. Da das Ganze in einem innen geschwärzten Kasten eingeschlossen ist und die Seitenflächen, so wie die nicht reflectirenden Theile des Parallelopipedes matt geschliffen sind, so mangeln alle beträchtlichen Störungen der Bilder. Diese fielen jedoch merklich schärfer aus, es traten nicht mehr wie früher hin und wieder Doppelbilder auf, nachdem die der Durchsichtsöffnung entsprechende Seitenfläche geschwärzt worden.

Ich benutze z. B. ein in Zehntheile Millimeter getheiltes Mikrometer als mikroskopischen Gegenstand und zeichne auf dem Papiere die Entfernung von 10 Graden mittelst der Camera lucida auf. Ich fand dieses Verfahren zweckmässiger, als den unmittelbaren Gebrauch eines Maassstabes, dessen Linien leicht verwirren. Misst nun der Abstand der beiden Bleistiftstriche 150 Millimeter, so weiss ich, dass die Vergrösserung 150 Mal im Durchmesser beträgt. Dieser Werth wechselt aber, je nachdem ich das Zeichenpapier höher oder tiefer, d. h. dem Auge näher oder von ihm entfernter halte. Nehme ich nun den kleinsten und den grössten Abstand, in dem ich die Bleistiftspitze deutlich sehe, so finde ich auf diese Art den Nahe- und den Fernpunkt für das zu mikroskopischen Untersuchungen benutzte und angepasste Auge. Ein Beobachter kann sich auf diese Art controlliren, ob sein Auge im Laufe der Jahre kurz- oder weitsichtiger geworden. Da jedes Auge eine gewisse Accommodationsbreite hat, so folgt, dass es nie mit einer einzigen Vergrösserung bei dem Gebrauche derselben Linsencombination arbeitet. Sie wechselt vielmehr mit der wahren Sehweite, die wir im Augenblicke benutzen.

wahr, wenn ich sie in der Masse, die ich aus einem seit mehreren Monaten in Weingeist aufbewahrten Hoden gedrückt hatte, untersuchte. Die meisten Spermatozoiden standen in dem letzteren Falle auf der schmaleren Seitenkante. Man musste daher die selteneren, die auf der Fläche lagen, für die Beobachtung der Bänder aufsuchen.

Man darf diese Bilder nicht mit denen verwechseln, welche von blossen Schatten, die durch die äussere Form bedingt werden, herrühren und die oft durch die Aenderung der Focalstellung schwinden. Die eingetrockneten Spermatozoiden des Menschen z. B. zeigen häufig einen schwarzen Längsstreifen. Man überzeugt sich aber bald, dass er bei einer höheren Einstellung des Focus verloren geht und mit der convexen Körperform zusammenhängt. Die meisten eingetrockneten Spermatozoiden des Pferdes lassen einen dunkelen Fleck an dem hintersten Körperende bei einer gewissen Focalstellung wahrnehmen, als wenn der Schwanz in den Körper hineinragte. Die Querbänder unterscheiden sich von allen solchen Anschauungen in wesentlichster Weise. Ihre Sichtbarkeit hängt nicht von einer einzigen Focalstellung ab. Die Richtung des schief einfallenden Lichtes kann einzelne Theile desselben deutlicher als andere machen. Sie verrathen aber sonst die Eigenschaften selbstständiger Gebilde in jeder Beziehung.

Die in dem dunkelen Zimmer vorgenommene Untersuchung bei Lampen- oder Gaslicht macht im Ganzen die Bilder der Querbänder dunkeler. Sie contrastiren daher in höherem Grade im Vergleich zu der Helligkeit der übrigen Körpermasse und der leeren Stellen des Gesichtsfeldes. Ich habe z. B. die Querbänder des Hundes bei dieser Beobachtungsweise mit Linsensystemen gut erkannt, welche sie im Tageslichte gar nicht oder höchst undeutlich zeigten. Die consequente Untersuchung der Spermatozoiden mit Linsen von Kellner oder Schiek bei Lampen- oder Gaslicht führte mir jedoch keine Zeichnungen vor, die ich nicht schon bei günstigem Tageslichte gesehen hätte.

Die rasche Vervollkommung der Mikroskope hat in neuerer Zeit die Sitte eingeführt, eine bestimmte Reihe von Testobjecten als Skale des Werthes des Instrumentes anzusehen. Das Verfahren, das man hierbei einhielt, entsprach aber meiner Ueberzeugung nach weder den Forderungen der Optik, noch denen der Gerechtigkeit. Die Objectivlinsen bilden zwar die Grundlage der glücklichen Lösung einer schwierigen mikroskopischen Aufgabe. Man hebt aber in der Regel nicht genug hervor, welche wesentliche Rolle auch die Oculare und die

Beleuchtung in solchen Fällen übernehmen können. Man wird natürlich keinen schwierig erkennbaren Theil ohne ein gutes System von Objectivlinsen wahrnehmen. Der Wechsel der Oculare, welche die nöthige Vergrösserung liefern, kann zugleich noch vorhandene Störungen der sphärischen oder der chromatischen Abweichung bedeutend vermindern und daher verwirrende Bilder tieferer Schichten beseitigen. Er führt deshalb oft Zeichnungen an den mikroskopischen Gegenständen vor, die man mit anderen Ocularen vergebens suchte oder weit vollkommener erkannte. Es ist bekannt, welchen Einfluss die Beleuchtung auf die Auflösung der Linicn einer Nobert'schen Platte ausübt.

Halten wir uns an die Prüfungsmittel aus der organischen Welt, so zerfallen diejenigen, die nach unseren gegenwärtigen Kenntnissen mit Erfolg gebraucht werden, in drei Hauptclassen:

1. Diejenigen, für die sich jedes gute Mikroskop bewähren muss. Ich rechne z. B. hierher und zwar in aufsteigender Reihe die Querlinien der Schüppchen der Flügeldecken von Lycaena Argus, von Pieris rapae und von Hipparchia Janira. Ich würde ein Mikroskop, das nicht auch die Querlinien an den schwierigsten Schüppchen von Hipparchia Janira theilweise oder in ganzer Ausdehnung zeigt, keinem Arzte oder Studierenden empfehlen.

2. Es ist jetzt Sitte, die Güte der Mikroskope und vorzugsweise die der Objectivlinsen nach der Erkenntniss der feinen schwer wahrnehmbaren Linien einzelner Diatomeenschalen zu beurtheilen. Man hat sich hierbei, wie mir scheint, nicht klar gemacht, dass man dann nur eine einseitige Wirkungsweise des Instrumentes prüfte und ein grosses Unrecht begeht, wenn man ein Verdammungsurtheil aus einem negaven Erfolge herleitet. Künstler, welche Ausgezeichnetes in dieser Hinsicht liefern, bestimmen oft den wahren Werth solcher Leistungen richtiger, als viele Mikroskopiker. Als mir einst Nachet eines seiner besten mit Correction versehenen starken Systeme von Eintauchungslinsen einsandte, fügte er selbst mit Recht hinzu, dass diese Art von Objectiven nur für eine beschränkte Zahl mikroskopischer Gegenstände passe, für andere dagegen keinen wesentlichen Vorzug darbiete. Die gegenwärtig oft vorkommende Erscheinung, dass man die Untersuchung mit einer Eintauchungslinse als letztes Hülfsmittel der Prüfung ohne weiteres anführt, hat keine sichere Grundlage. Man muss sich erst fragen, ob der Gegenstand von der Art ist, dass eine Eintauchungslinse mehr als eine andere

zeigen kann. Wir werden am Schlusse dieses Aufsatzes sehen, dass es der Natur der Sache nach Objecte gibt, für welche die beste Eintauchungslinse weniger leistet, als gewöhnliche Objectivsysteme ersten Ranges.

Irre ich nicht, so waren es vorzüglich die ausgezeichneten englischen Mikroskopverfertiger, welche die besondere Aufmerksamkeit auf die Diatomeen durch ihre schönen Sammlungen hierher gehörender Gegenstände richteten *). Da die hier zu beobachtenden Zeichnungen die Bilder von Schattenlinien zu sein pflegen, so hat der Gebrauch von Linsen mit grosser Oeffnungsweite und der der schiefen Beleuchtung den günstigsten Spielraum. Je weniger aber die Letztere zur Erkenntniss eines schwierigen Gegenstandes der Art nöthig ist, um so mehr wird das Linsensystem Anerkennung verdienen. Das stärkste mit Correction versehene System von Eintauchungslinsen von Hartnack bietet in dieser Hinsicht mehr, als eines der bis jetzt mir zu Gesicht gekommenen Objective. Ordne ich auch hier einige Prüfungsgegenstände in aufsteigender Reihe, so möchte ich mit Pleurosigma attenuatum beginnen. So leicht die Längsstreifen unter jedem Mikroskope erkannt werden, so schwer hält es schon die Querlinien in der ganzen Flächenausdehnung der Schaale zur Anschauung zu bringen. Nächstdem folgt das so vielfach gebrauchte Pleurosigma angulatum, wobei es sich aber handelt, ob man nur eines der drei Liniensysteme, die beiden einander kreuzenden schiefen oder überdiess noch das dritte wagerechte sieht, ob man blosse Linien erblickt oder die zwischen den Schatten befindlichen helleren Theile plastisch als Sechsecke hervortreten. Die geraden oder die geschlängelten Längsstreifen an Nitzschia tenuis oder sigmoidea bilden einen ungefähr eben so schwierigen Gegenstand. Schwerer sind die feinen parallelen, wie mit dem Griffel gezogenen Querlinien dieser Diatomeenschalen, die sich hier zwischen den und neben den groben, schon unter schwachen Vergrösserungen kenntlichen Querzeichnungen befinden. Sie lassen sich in Nitzschia tenuis leichter, als in N. sigmoidea darstellen. Die Querlinien an Grammatophora subtilissima sind noch schwerer kenntlich. Die von Smith **) aus Grammatophora macilenta und Baffouriana gezeichneten Querlinien und die von ihm aus Grammatophora marina und

*) Siehe z. B. Smith und Beck Verzeichniss der bei ihnen käuflichen Diatomeen in W. Smith, A Synopsis of the British Diatomaceae. London. 1856. 8. am Ende.

**) W. Smith, A Synopsis of the British Diatomaceae. Vol. II. London. 1856. 8. Pl. LXI. Fig. 382. 383.

Serpentina dargestellten Punktsysteme an den Seitenfeldern *) scheinen eben nur mit den ausgezeichnetsten Eintauchungslinsen gesehen zu werden. Die Entwickelungsstufe der Diatomeen kann übrigens einen wesentlichen Einfluss ausüben. Aeltere Pleurosigmen liefern z. B. die Linien leichter als kleinere jüngere.

3. Die oben beschriebenen Querbänder in den Spermatozoiden einzelner Säugethiere. Die aufsteigende Reihenfolge wäre hier nach meinen bisherigen Erfahrungen: der Bär, das Kaninchen, der Hund und die Katze; der Widder, das Meerschweinchen und der Maulesel.

Da die zweite Classe der erwähnten Prüfungsgegenstände Schattenbilder von Unebenheiten liefert, so erklärt es sich, weshalb hier die schiefe Beleuchtung da, wo die gerade nicht ausreicht, zum Ziele führen kann. Dieses fodert aber wiederum Linsen von grosser Oeffnungsweite **). Ein noch so vortreffliches Linsensystem, das diese letztere Bedingung nicht erfüllt, wird sich daher für die Diatomeenschalen nicht bewähren, in anderen Punkten dagegen möglicherweise Besseres leisten, als das, welches für die Diatomeen in so hohem Grade befriedigt. Die Bedeutung der dritten Classe von Testobjecten liegt eben darin, dass sie für die ungewöhnliche Güte von Linsen zeugen können, die für die Diatomeen wenig oder gar nichts leisten.

Ein kleines gutes Mikroskop von Nachet, wie es dieser Künstler für 165 Franken verkauft, gibt die Querlinien auf Pleurosigma attenuatum und ein Liniensystem von Pleurosigma angulatum ohne alle Schwierigkeiten. Eine entsprechende Einstellung der schiefen Beleuchtung und eine passende, die Schatten begünstigende Lage der Diatomeenschale bringen zwei oder selbst alle drei Liniensysteme zum Vorschein. Ich kann die feinen Längsstreifen von Nitzschia tenuis und selbst die Querlinien an einzelnen Stellen unter den letzteren Bedingungen gut erkennen. Diese an einem gewöhnlichen, für Naturforscher bestimmten, wohlfeilen Mikroskope angebrachten Linsen, die für ziemlich schwer analysirbare Diatomeen befriedigen, leisten natürlich für die Spermatozoiden des Bären in ihrer gegenwärtigen Fassung weniger und stören manche Beobach-

---

*) Ebendaselbst Pl. XLII. Fig. 314. 315.

**) Siehe über diesen Gegenstand, Thury Notices sur les Microscopes Genève. 1860. 8. p. 12 fgg., eine aus der Bibliothèque universelle von 1860 abgedruckte Arbeit, die eine Reihe sehr kenntnissreicher Bemerkungen über Linsen enthält.

tungen, z. B. die Untersuchung der Faserzüge der Ausschwitzungen in sehr durchsichtigen Theilen durch ihre grosse Helligkeit, so dass man dann das Licht dämpfen muss, um zum Ziele zu gelangen. Anderseits bin ich nur hin und wieder im Stande, die Querlinien von Pleurosigma attenuatum und weit seltener eines der schiefen Liniensysteme von Pleurosigma angulatum mit den oben erwähnten Schiek'schen Linsen, die sich für die Bänder der Spermatozoiden bewähren, zur Anschauung zu bringen, selbst wenn ich die schiefe Beleuchtung anwende. Das Kellner'sche Instrument, das den ersten Rang für die Samenelemente einnimmt und eine ausgezeichnete definirende Kraft überhaupt besitzt, zeigte nicht die Spur von Querlinien von Pleurosigma attenuatum, geschweige denn schwierigere Zeichnungen anderer Diatomeen. Welchem ungerechten Urtheile würde es unterliegen, wenn man kein anderes Prüfungsmittel, als die Diatomeenschalen anwendete?

Mohl untersuchte auf meine Bitte ein Präparat der Bärenspermatozoiden zuerst mit einem guten Kellner'schen Mikroskope und dann mit einem von Ross, dessen Objectivlinsen $^1/_8$ bis $^1/_{12}$ Zoll Brennweite hatten. Das Letztere gab ein helleres achromatischeres und schärferes Bild, liess aber nicht mehr Einzelnheiten als das Erstere erkennen.

Hartnack hatte die Güte, mir eine Zeichnung zuzusenden, wie er die eingetrockneten Spermatozoiden des Bären mit seinen besten Eintauchungslinsen sieht. Dieses Bild scheint die drei Bänder blasser und mit minder scharfen kugeligen Rändern zu geben, als ich es im Kellner bei passendem Tages- und vorzüglich bei Lampenlichte sehe. Hartnack überzeugte sich dabei mittelst der schiefen Beleuchtung, dass hier Erhöhungen und Vertiefungen vorhanden sind, die sich durch einen Wechsel von Licht und Schatten, je nach der Richtung des einfallenden Lichtes verrathen.

Eine Eintauchungslinse Nr. 10, die Hartnack in neuester Zeit für die Berner Anatomie geliefert hat *), gibt alle drei Liniensysteme von Pleurosigma angulatum, mit den dazwischen hervortretenden Erhabenheiten, die schwach schattig erscheinenden Querlinien von Nitzschia tenuis und die zarten Längslinien von Grammatophora subtilissima, so wie die Molecularbewegung in den dieselbe darbietenden Speichelkörperchen und die Streifung an dem Endrande von Cylinderepithelien und

---

*) Ueber die Leistungen dieser Linsen vergleiche Harting in Pogg. Ann. Bd. CXIV. 1861. S. 82—99 und Perty, Mittheilungen der naturforschenden Gesellschaft in Bern. Nr. 511. 1862. S. 517. 518.

dem Umschlagsrande einzelner Glashäute in geradem Lichte, also ohne die Benutzung der schiefen Spiegelstellung. Man erkennt sogar noch alle jene Linien in dem dunkeln Gesichtsfelde des Polarisationsmikroskopes bei dem Gebrauche von Nicols, weniger dagegen bei dem von sogenannten farblosen Turmalinplatten, aber ohne Condeusator oder Condensations linse. Hat man die richtige Spiegelstellung für das schiefe Licht getroffen, so sieht man die Querlinien der ihm entsprechenden Exemplare von Nitzschia tenuis, der schwierigeren Nitzschia sigmoidea und des noch schwereren Grammatophora subtilissima mit einer Schärfe und Schwärze, die Nichts zu wünschen übrig lässt. Dagegen sind die Bänder der Spermatozoiden des Bären, des Hundes und des Kaninchens bedeutend blasser als im Kellner. Man erkennt sie oft in dem Letzteren auf der Stelle, wenn sie bei dem Gebrauche der Eintauchungslinse gar nicht oder undeutlich erscheinen. Die Spermatozoiden des Bären zeigen häufig bei der Benutzung der Eintauchungslinse nur die zwei hinteren Bänder, wenn das Kellner'sche Objectiv Nr. 2 alle drei auf der Stelle nachweist. Das Letztere gibt oft die Bänder, die Punkte oder die Striche in den Spermatozoiden des Widders, des Meerschweinchens, der Katze oder des Menschen, wo die Eintauchungslinse kein befriedigendes oder gar kein Bild liefert. Die genauere Einstellung der gegenseitigen Entfernung der Linsen mittelst der Correctionsschraube hilft in diesen Fällen Nichts.

IX. Mikroskopische Analyse mittelst eines einzigen doppelt brechenden Körpers.

Das in der Ueberschrift dieses Aufsatzes angedeutete Untersuchungsverfahren eignet sich zunächst, den Pleochromismus mikroskopischer Gebilde zur Anschauung zu bringen. Die Folge der Darstellung wird überdiess lehren, dass es noch eine andere, so viel ich weiss, bisher nicht beschriebene Eigenthümlichkeit nachzuweisen im Stande ist.

Hängt die Absorption des durchtretenden Lichtes von der Richtungsbeziehung des Strahles zu einer der Elasticitätsachsen der Untersuchungsmasse ab, so bemerkt man im allgemeinsten Falle drei Hauptfarben und drei eigenthümliche Intensitätsgrade des Lichtes, je nachdem man die Maximalwirkung einer jeden der drei Elasticitätsachsen gesondert auffasst. Der Körper

ist also dann doppelt brechend, optisch zweiachsig und chromatisch trichroitisch oder pleochroitisch. Haben zwei der Hauptelasticitätsachsen dieselbe Grösse, so erhalten wir eine doppelt brechende optisch einachsige und chromatisch dichroitische Masse. Sind alle drei Elasticitätsachsen unter einander gleich, so wird die Substanz einfach brechend und monochroitisch. Die hier auftretende Farbenverschiedenheit bei dem Durchsehen in verschiedenen Richtungen, die von den ungleichen Wirkungen der verschieden grossen Elasticitätsachsen herrührt, kann daher nur in doppelt brechenden Körpern vorkommen. Man weiss aber, dass dichroitische Erscheinungen noch von anderen Wirkungen abhängen und daher auch bisweilen in einfach brechenden Substanzen auftreten.

Die einer bestimmten Elasticitätsachse entsprechende Hauptwirkung lässt sich am schärfsten erkennen, so wie man die anderen Richtungen zukommenden Farben und Intensitäten beseitigt hat. Dieses geschieht am einfachsten, wenn man einen doppelt brechenden Körper vor oder hinter der pleochroitischen Masse in passender Stellung einschaltet. Gibt er zwei Bilder, so hat dann das eine die erste und das andere die zweite Hauptfarbe nebst den entsprechenden Grössen der Lichtstärke. Man sieht also hier die Wirkungen zweier Elasticitätsachsen in den beiden Anschauungen, die das Doppelbild liefert, neben einander. Gibt dagegen der Zerleger nur ein einziges Bild (welches in der Regel das ausserordentliche ist), so muss man ihn um 90^0 drehen, um die zweite Hauptwirkung zur Anschauung zu bringen. Man kann daher die beiden Gegensätze der Farbe und der Lichtintensität nur nach einander erkennen.

Die zwei Strahlen, welche jeder doppelt brechende Körper aus dem einfachen eintretenden erzeugt, sind entgegengesetzt polarisirt. Die Schwingungsrichtung des ersten (z. B. des ordentlichen) Strahles steht senkrecht auf der des zweiten (z. B. des ausserordentlichen). Ist nun die des ersten Strahles der als Zerleger gebrauchten doppelt brechenden Masse der Schwingungsrichtung desjenigen Strahles parallel, der die pleochroitische Masse längs einer Elasticitätsachse durchsetzt, folglich längs einer zweiten oscillirt, so kann nur eine Hauptwirkung zum Vorschein kommen. Denn die Schwingungen, welche eine der zwei anderen Hauptwirkungen bedingen, stehen senkrecht auf der Schwingungsrichtung jenes ersten Strahles und werden daher zurückgewiesen. Da aber die Schwingungsrichtung des zweiten Strahles des Zerlegers die des ersten rechtwinklig schneidet, so muss sie derSchwingungs-

richtung eines Strahles entsprechen, die eine zweite Hauptwirkung des pleochroitischen Körpers gibt. Man erhält daher zwei Bilder, von denen das Eine dem Maximum des Einflusses der einen und das Andere dem einer zweiten Elasticitätsachse entspricht. Man sieht mit einem Worte ein Doppelbild des Gegenstandes, dessen zwei gleiche Bestandtheile an Farbe und Lichtstärke möglichst abweichen, so weit es die in Betracht kommenden Wirkungen der zwei betheiligten Elasticitätsachsen gestatten. Gewöhnliche Prismen doppelt brechender Körper, eigenthümliche Kalkspathprismen, wie z. B. ein achromatisirtes Doppelspathprisma, ein verdorbenes, zwei Bilder statt eines gebendes Nicol, eine Haidinger'sche dichroskopische Lupe, ein Sénarmont'scher, aus zwei Kalkspathprismen bestehendes Polarisator oder ein Wollaston'sches Quarzprisma können solche Doppelbilder zum Vorschein bringen. Da aber ein pleochroitischer Körper drei Hauptwirkungen hat, so gehören zur vollständigen Untersuchung mindestens zwei gesonderte Beobachtungen durch je zwei der drei Flächenpaare, auf denen die drei Elasticitätsachsen senkrecht stehen.

Nimmt man eine der optischen Achse parallele, möglichst farblose Turmalinplatte oder ein gutes Nicol, so erhält man ein einfaches (ausserordentliches) Bild statt eines doppelten. Die Schwingungen desselben können daher nur parallel denen eines einzigen Strahles, der eine Hauptwirkung gibt, gerichtet werden. Man erkennt dann eine bestimmte Farbe und eine gewisse Lichtstärke. Will man einen verhältnissmässig grösstmöglichen Wechsel in beiderlei Hinsicht hervorbringen, so muss man den gebrauchten Zerleger um einen rechten Winkel in seiner Ebene oder um seine senkrechte Linie herumdrehen.

Da es zunächst nur auf den Parallelismus der Schwingungen ankommt, so ist es an und für sich gleichgültig, ob sich der Zerleger vor oder hinter der pleochroitischen Masse befindet. Man könnte ihn daher auch eben so gut unter dem Objecttische, wie sonst den Polarisator bei dem Polarisationsmikroskope, oder über dem Oculare wie den Analysator anbringen. Die grössere Bequemlichkeit verleitet in der Regel, das Letztere zu wählen. Dieses Verfahren ist aber nicht so gefahrlos, als es auf den ersten Blick erscheint.

Die Strahlen, welche der Beleuchtungsspiegel nach dem Mikroskope sendet, sind immer theilweise polarisirt und zwar um so mehr, je mehr sich die Einstellung des Spiegels derjenigen, die dem Polarisationswinkel entspricht, annähert. Bringt man nun den Zerleger über dem Oculare oder über-

haupt über dem mikroskopischen Gegenstande an, so befindet sich dieser in einem, freilich unvollkommenen Polarisationsapparate. Er kann vermöge seiner Doppelbrechung Farben geben, die sich natürlich mit der Drehung des Zerlegers ändern, braucht aber deshalb nicht pleochroitisch zu sein. Die Untersuchung guter mikroskopischer farbloser Blättchen von Gallenfett z. B. wird die Richtigkeit des eben Gesagten näher erhärten.

Bringt man das Nicol unter dem Objecttische statt über dem Gegenstande an, so ist der Einfluss der Spiegelstellung beseitigt, da nur vollständig polarisirte Strahlen zu dem Körper gelangen und dieselben nicht weiter analysirt werden. Die Drehung des Zerlegers um 90^0 wird nur dann maximale Farbenveränderungen hervorrufen, wenn die doppelt brechende Masse pleochroitisch ist. Da aber die Stellungsbeziehung der unteren schiefen Endfläche des Nicol zu dem Beleuchtungsspiegel mit der Drehung wechselt, so können Lichter und Schatten zum Vorschein kommen, die von dem Pleochroismus und dem mikroskopischen Gegenstande überhaupt nicht abhängen. Ich schraubte in allen nicht verfänglichen Fällen eine Fassung in die Oeffnung des Objectivtisches fest und brachte in diese ein in einer Hülse befindliches Nicol, das hier um seine Längsachse gedreht werden konnte. Eine schwach braun gefärbte Turmalinplatte darf zur Noth ebenfalls für alle nicht sehr feinen Beobachtungen benutzt werden.

Da im Allgemeinen die Lichtstärke und die Farbenintensität mit dem Wachsthume der Vergrösserung abnehmen, so wählt man am besten so schwache Linsen, als es der Gegenstand erlaubt. Man darf aber nicht glauben, dass sehr starke Vergrösserungen die Erkenntniss des Pleochroismus in allen Fällen aufheben. Es gibt bisweilen so bedeutende Farben und Intensitätsunterschiede, dass sie trotz der beträchtlichen Mikroskopvergrösserung kenntlich bleiben. Man bemerkt sie z. B. noch bei einer 300 bis 500 maligen Linearvergrösserung passender Haeminkrystalle.

Dreht man das Nicol um seine Längsachse ein Mal im Kreise herum, so gibt eine pleochrotische Masse vier durch Lichtintensität und Farbeneigenthümlichkeit charakterisirte ausgezeichnete Bilder, die je einzelnen Wendungen des Nicol von 90^0 entsprechen. Man hat also z. B. das erste bei 0^0, das zweite bei 90^0, das dritte bei 180^0 und das vierte bei 270^0. Die diagonalen Stellungen z. B. einerseits 0^0 und 180^0 und anderseits 90^0 und 270^0 stimmen unter einander überein.

Die Mittelstellungen von 45°, 135°, 225° und 315° liefern mittlere Grössen der Lichtstärke und der Färbung.

Die Schwingungsebene des Nicols entspricht der kürzeren Diagonale der schief abfallenden rhombischen Endfläche. Hat man eine Maximalwirkung, so braucht man nur nachzusehen, wie jene Diagonale des Nicols in Bezug auf den pleochroitischen Körper steht. Die entsprechende Achse des Letzteren bezeichnet die der erhaltenen Maximalwirkung correspondirende Schwingungsrichtung, die selbst wieder auf dem ihr entsprechenden Strahle senkrecht steht. Der Gebrauch eines Zerlegers, der zwei Bilder neben einander liefert, gewährt nur dann einen erheblichen Vortheil, wenn der Farben- und Intensitätsunterschied der Hauptwirkungen gering ist und daher der unmittelbare Vergleich zweier Bilder eine grössere Sicherheit der Beurtheilung möglich macht.

Lang entdeckte den Pleochroismus einzelner Haematin- oder Haematoglobulinkrystalle bei seinen mit Alex. Rollett*) vorgenommenen Untersuchungen. Der Letztere**) wies später die gleiche Eigenschaft an den durch Kochen mit Eisessig dargestellten Haeminkrystallen nach und erläuterte bei dieser Gelegenheit das Untersuchungsverfahren mittelst eines Nicols oder einer dichroskopischen Lupe und die Gründe der dabei auftretenden Erscheinungen in einer klaren und leicht verständlichen Darstellung. Man kann die Angaben von Lang und Rollett durchgehends bestätigen.

Nimmt man z. B. grosse nadelförmige Haematin- oder Haematoglobulinkrystalle, wie sie bisweilen aus eingetrocknetem Blute des Menschen, des Meerschweinchens oder des Kaninchens anschiessen, so zeigen sie eine auffallend rothe Farbe, wenn die Schwingungsebene des Nicols der längeren Achse der Nadel parallel steht. Kreuzt sie sie dagegen zenkrecht, so bieten die Krystalle eine so matte gelbliche Färbung dar, dass manche von ihnen in der übrigen eingetrockneten gelbröthlichen Blutmasse vollkommen unkenntlich werden. Scheinbar tetraëdrische, mit zahlreichen Abstumpfungsflächen versehene Blutkrystalle des Kaninchens dagegen blieben gleich roth bei allen Wendungen des Zerlegers. Liess ich nach Rollett und Böttcher Meerschweinchenblut in einem Platintiegel zweimal gefrieren und wiederum aufthauen, so war Alles voll

---

*) A. Rollett, Sitzungsberichte der Wiener Akademie. 1862. Bd. CXIV. S. 269.

**) A. Rollett, Wiener medicinische Wochenschrift. 1862. Nr. 19. S. 449—53.

von Blutkrystallen, die meist scheinbare Tetraëder mit Abstumpfungsflächen bildeten. Es gehörte zu den Ausnahmen, dass ein Krystall dieser Blutmasse einen deutlichen Dichroismus zeigte. Die Farbe und die Lichtstärke änderte sich in den meisten nicht, wenn man das Nicol um 90° herumwendete. Der Unterschied fehlt natürlich auch in den scheinbaren Blutkrystallen, wie sie mit Hülfe von Aether dargestellt und für Haematinkrystallc angesehen worden. Die Doppelbrechung, die allen ächten Blutkrystallen zukommt, ist daher ein besseres Erkenntnissmittel, als der Pleochroismus, der häufig mangelt.

Mischt man den eingetrockneten Blutrückstand z. B. des Hundes mit einer Kochsalzlösung und Eisessigsäure, und kocht das Ganze anhaltend, so schlagen sich noch am ehesten Haematinkrystalle bei dem Verdunsten nieder. Sie bilden meist sehr kleine, einfache, gesonderte oder kreuz- oder sternfötmig zusammengestellte rhombische Blättchen oder Nadeln. Steht die Schwingungsebene des Nicols der längeren Achse des rhombischen Säulchens parallel, so erscheint der Krystall dunkelbraunroth und fast undurchsichtig. Kreuzt sie dieselbe rechtwinkelig, so ist er hell, durchsichtig und gelbbräunlich. Die Strahlen, deren Schwingungen der Richtung der längeren Achse entsprechen, werden also stärker absorbirt, als die, welche in der Richtung der kürzeren Querachse oscilliren. Rollett*) hat schon mit Recht hervorgehoben, dass dieses als Merkmal benutzt werden kann, um in gerichtsärztlichen Fällen zu entscheiden, ob man wahre Haeminkrystalle vor sich hat oder nicht.

Man findet bisweilen, dass zwei Haeminkrystalle so zusammenliegen, dass sich ihre Hauptachsen nahezu rechtwinkelig kreuzen. Hat man nun das Nicol so eingestellt, dass der eine dunkelbraun erscheint, so sieht man natürlich den anderen hell und gelblich. Etwas Aehnliches kommt nicht selten an den sternförmigen Gruppen vor. Da das Auge für geringe Intensitätsunterschiede weniger empfänglich ist, so ereignet es sich, dass man nur ein Säulchen eines solchen Sternes dunkel, die übrigen dagegen auffallend hell oder umgekehrt sieht.

Ich kochte eine Zeit lang das Pulver von braunrothen Gallensteinen, in denen einzelne Flächen eine auffallend grüne schwach metallglänzende, bei allen Stellungen eines zur Betrachtung gebrauchten Nicols gleichbleibende Spiegelung darboten, mit einer reichlichen Menge von Chloroform. Die sehr kleinen langen und schmalen nadelförmigen, lebhaft rothen

*) A. Rollett, Wiener med. Wochenschrift 1862. Nr. 29. S. 449. 452.

Haematoidinkrystalle, die nach dem Verdunsten an vielen Stellen zurückblieben, zeigten keinen deutlichen Pleochroismus *). Da dieser an Haeminkryställchen bei der Benutzung derselben starken Linsen auf das Schärfste hervortrat, so konnte jenes negative Ergebniss nicht vom nothwendigen Gebrauche der beträchtlichen (ungefähr 400fachen) Durchmesservergrösserung herrühren. Ob besser ausgebildete Haematoidinkrystalle pleochroitisch sind, kann ich nicht angeben.

Viele, aber keineswegs alle rothbraun gefärbten Harnsäurekrystalle des Urins bilden pleochroitische Massen. Man muss hier diejenigen Exemplare, die durchsichtig genug sind, zur Untersuchung auswählen. Sie erscheinen dann bei einer Hauptstellung des Nicol merklich dunkeler braunroth, als bei einer zweiten, die von jener um 90° entfernt liegt. Die niederen und breiten Prismen geben hell, wenn die Schwingungsebene des Nicols dem grösseren Breitendurchmesser, und dunkel, wenn sie dem kleineren Längendurchmesser entsprechen. Die von dem rothen Harnfarbestoffe oder dem Uroerythrin freien Krystalle verrathen keinen deutlichen Pleochroismus.

Ich erwähnte schon an einem anderen Orte **), dass die mikroskopischen Krystallblättchen des Herapathits so lebhafte pleochromatische Färbungen liefern, dass sie jeder Lehrer zu seinen mikroskopischen Erläuterungen benutzen sollte. Hat man ein Präparat, in dem eine grössere Menge vollständiger oder zerbrochener Blättchen beisammen liegt, so sieht man ohne Weiteres, dass viele an den Stellen lebhaft weinroth erscheinen, wo sie z. B. andere so decken, dass ihre Längsachse die der Letzteren senkrecht oder unter einem nicht sehr spitzen Winkel schneidet, sonst dagegen eine meist graugrünliche Färbung darbieten. Nur einzelne liegen so, dass ein mehr oder

---

*) Ich bemerkte schon an einem anderen Orte (Der Gebrauch des Spektrokopes. Leipzig. 1862. 8. S. 91), dass der Chloroformauszug von Gallensteinen, der keine Krystalle nach dem Verdunsten absetzte, ein ununterbrochenes Spectrum lieferte. Bereitete ich mir durch Einkochen eine so concentrirte Chloroformlösung, dass diese rothgelb in einer Dicke von einem Centimeter erschien, so gab sie ebenfalls keine dunkelen Bänder im Spectrum, obgleich sie eine nicht unbedeutende Menge von rothen Haematoidinnadeln nach dem Verdunsten zurückliess. Die oben erwähnten durch Gefrieren erzeugten scheinbar tetraëdrischen Blutkrystalle des Meerschweinchens hielten sich sehr gut in Glycerin. Ein solches mikroskopisches roth gefärbter Glycerinpräparat lieferte die lebhaftesten Blutbänder und einen schwachen, aber deutlichen Schatten zwischen b und F.

**) Die Untersuchung der Pflanzen- und der Thiergewebe in polarisirtem Lichte. Leipzig. 1861. 8. S. 45. 46.

minder röthliches Colorit ohne Weiteres zum Vorschein kommt. Bringt man nun ein Nicol unten oder oben an, so erhält man jene matt graugrünliche Färbung, wenn die Schwingungsebene des Ersteren der Längsachse des Herapathitblättchens parallel steht und eine lebhaft weinrothe, wenn sie jene rechtwinkelig kreuzt. Sehr dünne Exemplare der sechseckigen Blättchen werden oft bei der Parallelstellung fast unkenntlich, während sie als tiefrothe und beinahe undurchsichtige Gebilde bei rechtwinkeliger Kreuzung sogleich in die Augen fallen.

Einzelne, jedoch nicht alle mikroskopischen Krystalle von Meconin hatten einen blassröthlichen Schimmer, wenn die Schwingungsebene des Nicol der kürzeren Querachse des Säulchens entsprach und wurden fast farblos, wenn man den Zerleger um 90^0 drehte. Viereckige Säulen oder Blättchen von Santonin erschienen in dem ersteren Falle lebhafter gelbgrün, als in dem letzteren. Der dann eintretende Unterschied der Lichtstärke führte etwas Aehnliches in dem Berberin herbei. Hat man Indigotinpulver in Canadabalsam eingeschlossen, so findet man in ihm einzelne passend gelagerte, z. B. spiessförmige Bruchstücke, die tiefblau und durchsichtig bei senkrechter Kreuzung ihrer Längsachse und der Schwingungsebene des Nicols, schwarzroth und undurchsichtig dagegen bei dem Parallelismus erscheinen. Viele blaue oder braunrothe Splitter dagegen ändern ihre Farbe nicht bei allen Drehungen des Zerlegers.

Eine andere bei der Untersuchung mit einem einzigen Nicol auftretende Erscheinung betrifft die Schatten, welche manche Krystalle und andere meist doppelt brechende Körper an ihren seitlichen Begrenzungen oder an einzelnen Stellen ihrer Oberfläche zeigen. Man stellt einen säulenförmigen in Canadabalsam eingeschlossenen Krystall, z. B. von Gallussäure so ein, dass die Schwingungsebene des Nicols der schmaleren Querachse parallel geht und die seitlichen Begrenzungsränder tief beschattet erscheinen. Dreht man nun den Zerleger um 90^0, so dass die Schwingungsebene der Längsachse parallel gerichtet ist, so schwinden nicht selten die seitlichen Schatten- und Begrenzungsränder in dem Masse, dass der ganze Krystall fast unsichtbar wird. Die Wendung des Nicols kann daher in einem Präparate eine gewisse Zahl von Krystallen, die früher wenig kenntlich waren, mit grosser Schärfe zum Vorschein bringen und umgekehrt. Entfernt man den Zerleger, so sieht man zwar die schattigen Begrenzungsränder besser, als wenn z. B. die Schwingungsebene des Nicols der Längsachse parallel steht, dagegen bedeutend heller, als wenn sie diese recht-

winkelig kreuzt. Die letztere Stellung liefert daher ein gutes Mittel, Kryställchen, die sich in ungünstigen optischen Verhältnissen befinden, sichtbar zu machen.

Ich habe dieses Auftreten und Verschwinden der Schattenränder an einer grösseren Zahl von doppelt brechenden mikroskopischen Krystallen, die in Canadabalsam eingeschlossen waren, verfolgt, z. B. an solchen des kohlensaueren Kalkes der Schädelhöhle des Frosches, des Ononin, Salicin, Pikrotoxin, Thebaïn, Asparagin, Santonin, Meconin, Codein, Peucedanin, Nitro-Cumarin, Haematoxylin, Berberin, an einzelnen Präparaten von Hippursäure, von Meconsäure, von Taurin, Cystin, Arbutin, Theobromin, Inosit, endlich an solchen von Narcotin, von dem manche Exemplare mit schwach pleochroitischen Erscheinungen vorkommen. Man kann jedoch über die Letzteren nur urtheilen, wenn sich der Zerleger zwischen dem Beleuchtungsspiegel und dem Gegenstande befindet. Welchen Täuschungen man sonst ausgesetzt ist, lehrt z. B. wie schon erwähnt, das Gallenfett. Nehme ich ein Cholesterinpräparat, in welchem kleinere rhombische Blättchen über grösseren liegen und bringe den Zerleger unter den Krystallen an, so sehe ich keine pleochroitischen Erscheinungen. Entferne ich aber das Nicol von dieser Stelle und setze es über dem Oculare auf, so zeigt dasselbe Blättchen ein lebhaftes Weissgelb oder blass Blauviolett, reineres Gelb oder reines Blau, Roth oder Grün, je nachdem die Schwingungsebene des Nicol der einen oder der anderen Diagonale des Rhombus parallel steht. Das Licht, das vom Beleuchtungsspiegel heraufkommt, ist schon theilweise polarisirt. Die in passender Stellung tiefer liegenden Gallenfettblättchen polarisiren es vollständiger und die aufliegenden Cholesterinblättchen geben daher Polarisationsfarben, die nicht für pleochroitische Wirkungen gehalten werden dürfen. Geeignete Präparate von Camphorsäure-Anhydrid führen zu ähnlichen Erscheinungen.

Man erkannte das Auftreten und das Verschwinden der Schattenränder der Krystalle je nach den Stellungen des Zerlegers besser, wenn die Präparate in Canadabalsam eingeschlossen, als wenn sie von blosser Luft umgeben waren. Die negativen Ergebnisse einfach brechender Krystalle, wie z. B. des Kochsalzes, erschienen dann am deutlichsten in dem ersteren Falle.

Der Wechsel von Schatten und Licht lässt sich an geeigneten Krystallen, die in den Pflanzengeweben vorkommen, ebenfalls nachweisen. Ich sah ihn z. B. an den Rhaphiden von Musa paradisiaca und ausgezeichnet schön an den

grossen Nedeln kleesaueren Kalkes von Aloë picta, an denen der Mechoacannawurzel und der Zellen von Urginea (Scilla) maritima, endlich in den so ausgebildeten Zwillingen von Cortex Quillajae Saponariae.

Gehen wir zur Erklärung der Erscheinungen über, so müssen wir eine Nebenwirkung des Zerlegers von der den Erfolg bedingenden Hauptsache unterscheiden. Da das Licht, welches von dem Beleuchtungsspiegel heraufkommt, theilweise polarisirt ist, so wird man zwei Helligkeits- und zwei Dunkelheitsmaxima in dem ganzen Gesichtsfelde haben, wenn man den Zerleger ein Mal in dem Kreise herumdreht, weil dann zwei um 180° wechselseitig entfernte Azimuthe vorkommen, in denen alles oder bei nicht parallelen Strahlen eine gewisse Menge des durch die Reflexion linear polarisirten Lichtes vollständig durchgelassen und zwei anderen gegenseitig eben so weit entfernte, in denen es zurückgewiesen wird. Dieser Umstand bedingt natürlich eine Verschiedenheit der Beleuchtung, die sich im Allgemeinen in dem ganzen Gesichtsfelde geltend macht. Hält das Nicol in einer bestimmten Stellung Lichtstrahlen ab, die sonst einen Theil des mikroskopischen Gegenstandes beleuchteten, so wird eine Schattenfläche zum Vorschein kommen. Man findet z. B. auf diese Weise, dass eine der schief abfallenden Flächen oktaëdrischer Kochsalzkrystalle bei einer ersten Stellung des Nicol hell, bei einer zweiten um 90° entfernten tief beschattet erscheint.

Die dunkelen Seitenränder, welche einen mikroskopischen Gegenstand begrenzen, können von zwei Ursachen herrühren. Die von dem Beleuchtungsspiegel heraufkommenden Strahlen werden an der dunkeler erscheinenden Seitenfläche so gebrochen oder nach oben hin zurückgeworfen, dass sie nach ihrem Austritte aus dem mikroskopischen Körper die Objectivlinsen gar nicht oder nur zu einem geringen Theile durchsetzen. Die wechselnde Stellung des zwischen dem Beleuchtungsspiegel und dem Gegenstande befindlichen Zerlegers kann hierbei verändernd eingreifen, wenn hierdurch die schief heraufkommenden Strahlen in anderer Richtung dem mikroskopischen Gegenstande zugeführt werden.

Die zweite Ursache der dunkelen Ränder liegt in der gänzlichen Zurückwerfung. Hat der mikroskopische Gegenstand einen grösseren Brechungscoëfficienten als das umgebende Mittel, so dass auf diese Weise die gänzliche Zurückwerfung möglich wird, so müssen die Seitenflächen dunkeler erscheinen, wenn ein Theil der auf sie fallenden Strahlen gänzlich nach der Seite des Beleuchtungsspiegels zurückgeworfen wird,

mithin gar nicht zu den Objectivlinsen gelangt. Diese zurückgeworfenen Strahlen sind aber der vorangegangenen Brechung und der späteren Reflexion wegen theilweise oder selbst möglicher Weise vollständig polarisirt. Setzt man nun ein Nicol oder einen anderen Zerleger, der einen einfachen linear polarisirten Strahl gibt, über dem Ocular auf, so wirkt dieses als Analysator. Denken wir uns der gänzlich zurückgeworfene und theilweise oder vollständig polarisirte Lichtstrahl schwinge (mit seinem linear polarisirten Antheile) in einer bestimmten Ebene, so lässt sich die in ihr befindliche Schwingung nach drei zu einander senkrechten Ebenen zerlegen, von denen die eine der Schwingungsebene des Analysators parallel ist, die zwei anderen auf ihr senkrecht stehen. Die parallele Componente wird ungehindert durchgelassen, die eine senkrechte vollständig zurückgewiesen und die dritte kommt gar nicht in Betracht, weil sie in der Richtung des Strahles dahingeht.

Ist der mikroskopische Krystall doppelbrechend, so erzeugt er zwei Strahlen mit zwei verschieden grossen Brechungscoëfficienten. Da aber die gänzliche Zurückwerfung unter einem um so kleineren Winkel einzutreten beginnt, je höher der Ablenkungscoëfficient ist, so erscheint sie z. B. für den ausserordentlichen Strahl eher in einachsigen positiven und für den ordentlichen früher in einachsigen negativen Massen. Einer dieser beiden Strahlen wird aber durch eine der Hauptstellungen des Analysators beseitigt. Ist dieses der Strahl, welcher die gänzliche Zurückwerfung erleidet, so muss die von dem anderen Strahle allein beleuchtete Seitenfläche hell erscheinen. Lässt dagegen der Zerleger nur die Art von Strahlen durch, welche die gänzliche Zurückwerfung an der Seitenfläche erleiden, so wird diese schwärzer als in gewöhnlichem Lichte sein. Die Erfahrung bestätigt alle diese Schlüsse auf das Vollständigste. Es versteht sich übrigens von selbst, dass auch hier die Drehung des Zerlegers oder selbst eines eingeschalteten passenden einfach brechenden Körpers den Gang der einfallenden Strahlen so ändern kann, dass die gänzliche Zurückwerfung bei einer anderen Stellung nicht zu Stande kommt, wenn man keinen ebenen Beleuchtungsspiegel, also keine parallelen Strahlen benutzt.

Der beschriebene Schattenwechsel kann auch an den Geweben der Pflanzen und der Thiere unter geeigneten Verhältnissen beobachtet werden. Viele Präparate von quergestreiften Muskelfasern der verschiedensten Geschöpfe (Katze, Rind, Huhn, Schildkröte, Frosch, Zitterrochen, Flusskrebs, Maikäfer), solche des Retractor penis des Pferdes und des Dünndarmes des Murmel-

thieres, einzelne Nervenfasern des Menschen und der Katze, Sehnenbündel der Zehenbeuger des Frosches, Fasern des Nackenbandes des Pferdes lieferten die Erscheinung, jedoch in geringerem Grade und in beschränkterer Ausdehnung als die Krystalle. Man findet auch in vielen Fällen, dass Schattenflecke mit der Drehung des z. B. zwischen dem Spiegel und dem Gegenstande eingeschalteten Nicols in der Masse des mikroskopischen Gegenstandes in entsprechender Weise herumwandern. Ich habe dieses z. B. an einzelnen Stärkemehlkörnern (Kartoffel, Jalappa, Sago), an den stark verholzten, quer durchschnittenen Zellen der Königschina, an Längsschnitten der Bastzellen der Linde, an Anhäufungen thierischer Fettzellen, an Sehnenquerschnitten und an Knochenschliffen, die in Canadabalsam eingeschmolzen waren, beobachtet.

X. Die lemniscatenähnlichen Curven einzelner dichter Horngewebe.

Die Schrift über die mikroskopische Untersuchung der Pflanzen- und der Thiergewebe enthält schon die Beschreibung der unvollkommenen Farbenbilder, welche die meisten Horngewebe liefern und die Schilderung der lemniscatenähnlichen Curven, welche zwei von Steeg angefertigte Hornplatten in dem Nörremberg'schen Polarisationsmikroskope gegeben hatten. Da ich vermuthete, dass die besseren Bilder letzterer Art an geeigneteren Stücken häufiger vorkommen, so liess ich eine Reihe von Präparaten der verschiedensten Horngewebe von Neuem anfertigen. Die Ergebnisse entsprachen den Erwartungen in ziemlich ausgedehntem Masse.

Man kann zuvörderst Hornplatten, welche die farbigen lemiscatenähnlichen Curven auf das Schönste zeigen, darstellen, wenn man Querschnitte von gehöriges Dicke aus gewöhnlichem Kammacherhorn, den Rindsklauen oder aus Schildpatt bereitet. Gelungene Präparate der Art zeigen z. B. in dem Nörrenberg'schen Polarisationsmikroskope bei rechtwinkelig gekreuzten Nicols und der Einstellung der Polarlinie unter $\pm 45^0$ kreisförmige, um die Pole herumgehende Curven, denen Gelb, Orange, Blau und Grün von dem Pole nach der Mittellinie folgen. Das Mittelfeld selbst hat in der Richtung der Polarlinie Gelb und senkrecht darauf Roth, das sich in den Centralbezirk hineinzieht und sich dort beiderseits vereinigt. Dann folgen blaue, grüne, gelbe und rothe lemnis-

catenähnliche Curven. Der Achsenwinkel der zweiachsigen Hornplatte ist in der Regel so gross, dass die die Pole durchsetzenden dunkelen hyperbolischen Büschel durch die äussersten Endpunkte des Gesichtsfeldes des von mir gebrauchten Nörrenberg gehen. Der Winkel der scheinbaren optischen Achsen wird daher nicht weit von 140^0 entfernt sein. So prachtvoll das Bild der lebhaften Farben wegen in weissem Lichte erscheint, so einfach wird es in dem scheinbar einfarbigen Lichte eines Rubin- oder eines Kobaltglases oder der Flamme des kochsalzhaltigen Weingeistes, weil die dann auftretenden dunkelen Curven weit von einander entfernt liegen.

Man findet im Handel zu Stalllaternen verwendete Hornblätter, die gerade die gehörige Dicke und Durchsichtigkeit haben, um die farbigen lemniscatenähnlichen Curven auf das Schönste zu zeigen. Ich hatte zwei Platten der Art, von denen die eine nach mikrometrischer Messung $^1/_5$ und die andere $^1/_3$ Millimeter dick war. Durchlief man die ganze Tafel, die ungefähr 170 Quadratcentimeter Oberfläche darbot, unter dem Nörrenberg'schen Instrumente, so zeigte jeder Punkt die kreisförmigen und die lemniscatenähnlichen Farbencurven und die durch die Pole gehenden dunkelen Büschel ohne Weiteres. Der Achsenwinkel erschien nur an einzelnen Stellen etwas kleiner, als an anderen — ein Wechsel, der bei der Anfertigung von Polarisationsplatten aus ausgewähltem Kammacherhorn, Rindsklaue oder Schildpatt ebenfalls verkommt und mit dem Baue, der Oberflächenrichtung und der Dicke der Scheibe zusammenhängt. Die Untersuchung mit einem blauen Glase, das noch Roth durchliess und die circulare Analyse der circular polarisirten Lichtes schienen anzudeuten, dass die blauen Strahlen in der einen Hornplatte einen kleineren Achsenwinkel, als die rothen einschlossen. Einzelne andere Präparate zeigten das Umgekehrte. Solche Prüfungen erweisen sich übrigens nicht immer als vollkommen zuverlässig.

Fernere Erfahrungen lehrten, dass man nicht minder prachtvolle Bilder an den Nägeln der Menschen und den Federn der verschiedensten Vögel erhalten kann. Betrachtet man ohne Weiteres einen Nagel unter dem Polarisationsmikroskope, so erhält man gewöhnlich die unbestimmten farbigen Sprenkel, die auch das Horn und viele andere Horngewebe in gewöhnlichen Fällen geben. Die Bilder werden bisweilen etwas besser, wenn man vorher die in Papier eingehüllten Nägel einige Tage mittelst des Schraubstockes platt gepresst hat. Durchsichtigere Stellen liefern hier eine Farbenvertheilung, die deutlich anzeigt, dass man regelmässige Figuren in glücklicheren

Fällen erhalten müsse. Dünnere Bezirke, wie man sie vorzugsweise an der Nagelwurzel findet, geben eine Farbenvertheilung, wie sie in dem Mittelfelde zweiachsiger, senkrecht auf die Mittellinie geschnittener Platten vorkommt.

Man erhält die befriedigendsten Bilder, wenn man die durchsichtigen Nägel der Leichen junger Personen aussucht, die Riefen der Unterseite und die Reste des Matrix durch Schaben entfernt, das Ganze trocknet und dann in einem Kästchen mit Canadabalsam so einschliesst, dass man durch die obere und die untere Fläche des Nagels sehen kann und dieser seine natürliche Krümmung bewahrt. Stelle ich z. B. die auf diese Art behandelten Fingernägel eines 20jährigen Mädchens so ein, dass die Längsachse derselben unter $\pm 45^0$ dahingeht, so sehe ich das rothe und gelbe Mittelfeld in den lebhaftesten Farben und scheinbar hyperbolische blaue, grüne, gelbe und rothe Curven. Die genauere Untersuchung führt zu der Vermuthung, dass sie nur Bruchstücke von lemniscatenähnlichen Curven sind und der Achsenwinkel hier eine solche Grösse erreicht, dass die Pole ausserhalb des Gesichtsfeldes des Beobachtungsinstrumentes fallen. Man kann nämlich je einen Pol mit dem hyperbolischen Büschel und dem entsprechenden Ringe wahrnehmen, nicht aber beide zugleich zur Erscheinung bringen.

Gute Präparate von Federn liefern noch lebhaftere Farbenbilder, als die Nägel des Menschen. Man spaltet den Kiel der Länge nach und versenkt ein solches Stück so in das Kästchen mit Canadabalsam, dass man durch die Fläche, welche noch ihre natürliche Krümmung darbietet, durchsehen kann. Solche Federhälften des Steinadlers lieferten lemniscatenähnliche Curven, deren Pole das Gesichtsfeld des Nörrenberg'schen Apparates überschritten. Aehnliche Bruchstücke von Gänsefedern geben ebenfalls bei geeigneter Dicke eine grosse Farbenlebhaftigkeit der lemniscatenähnlichen Curven. Die Längsachse muss zu diesem Zwecke unter $\pm 45^0$ eingestellt sein. Ein grösserer ganzer in Canadabalsam versenkter Gänsekiel lieferte eben so schöne Bilder nur an einzelnen dünneren Stellen gegen sein freies blinde Ende hin. Ein kleiner dagegen, der von einem Steinadler herrührte und gerade die günstigen Dickenverhältnisse darbot, zeigte sie mit prachtvoller Lebhaftigkeit der verschiedenen Färbungen. Dasselbe wiederholte sich an den Federn des grauen Reihers.

Die Fischschuppen können am besten zeigen, wie die Polarisationsuntersuchungen einerseits den Gebrauch eines gewöhnlichen Polarisationsmikroskopes und andererseits den eines

solchen mit Condensationslinsen nöthig machen. Ich habe schon früher geschildert, wie sie sich unter Instrumenten ersterer Art darstellen. Man muss sie hierbei einzeln oder selbst nur in Bruchstücken untersuchen. Die Bilder, die sie dann liefern, stehen denen vieler anderer Horngewebe, wie z. B. der Haare, an Schönheit und Belehrung bedeutend nach. Das Umgekehrte ist aber der Fall, wenn man die Fischschuppen für die Untersuchung unter dem Nörrenberg'schen oder dem Wild'schen Polarisationsapparate mit Condensationslinsen geeignet macht. Dieses geschieht dadurch, dass man mehrere derselben nach Art eines Plattensatzes über einander schichtet.

Hat man z. B. vier vorher vollständig getrocknete und gerad gepresste Schuppen eines grossen Karpfens so aufeinander gelegt, dass sich die entsprechenden Theile wechselseitig decken, so sieht man bei der Orientation der längeren Achse unter $\pm 45^0$ und dem Gebrauche eines Polarisationsapparates mit Condensationslinsen ein schwarzes Kreuz und mindestens zwei länglichrunde bis rundliche isochromatische Ringe. Dreht man die erwähnte Achse nach 0^0 oder 90^0, so weicht das Kreuz in zwei weit abstehende Hyperbeln auseinander. Man hat daher das Bild einer auf die Mittellinie senkrecht geschnittenen Platte eines zweiachsigen Körpers mit kleinem Achsenwinkel. Die Prüfung des Kreuzes mit einem eingeschalteten Gypsblättchen von Roth erster Ordnung, mit einem $^1/_4$ Glimmerblättchen oder einem gepressten Glase lehrt, dass das Präparat negativ antwortet.

Hat man das Letztere so eingestellt, dass das Kreuz zum Vorschein kommt und dreht man das analysirende Nicol nach rechts, so zeigt sich ein mittleres gelbes Farbenfeld. Dieses fehlt dagegen bei der Drehung nach links. Der Plattensatz der Fischschuppen besitzt also die Fähigkeit der Rechtsdrehung der Polarisationsebene *).

Plattensätze von 6 oder 8 Karpfenschuppen zeigen gelbe, rothe, blaue und grüngelbe Curven in weissem, doch nur eine dunkele in einfarbigem Lichte. Die Rechtsdrehung verräth sich hier durch die gelbe Färbung der Mitteltheile der hyperbolischen Büschel bei der Wendung des Zerlegers nach rechts, nicht aber bei der nach links.

Ein Plattensatz von 16 Schuppen einer grösseren Natter, ein solcher von 6 Schuppen eines jungen Crocodiles, einer von Bruchstücken der Hornschuppen der Extremitäten einer kleinen mauritanischen Schildkröte oder solcher der Horn-

---

*) Vergleiche diese Zeitschrift. Dritte Reihe. Bd. XV. 1862. S. 201.

schilder des Unterschenkels eines grauen Reihers lieferten ebenfalls elliptische Ringe mit Kreuz oder Hyperbeln. Die negative Wirkung verrieth sich auch in diesen Hornpräparaten.

XI. Die Unabhängigkeit einiger der wesentlichsten Wirkungen der Muskeln und der Nerven von der durchtränkenden Ernährungsflüssigkeit.

Obgleich die Festgebilde eines Gewebes, d. h. die dichten nach Abzug der Ernährungsflüssigkeit übrig bleibenden Massen, den eigenthümlichen Charakter desselben bestimmen, so folgt hieraus noch nicht, dass wesentliche physiologische Merkmale von ihnen allein abhängen, dass jene nicht den gemeinschaftlichen Ausdruck der Wirkung der dichten Massen und der sie durchtränkenden Ernährungsflüssigkeit bilden. Man hat, so viel ich weiss, nicht bewiesen, dass der Nahrungssaft, welcher die Muskeln und die Nerven durchzieht, durch eine andere Flüssigkeit ersetzt werden kann, ohne dass deshalb die Reizbarkeit, die regelrechten elektrischen Wirkungen, die Muskelathmung und das spätere Sauerwerden aufhören. Die Erfahrung von du Bois*), dass ein Froschmuskel, wie der Gastrocnemius oder der Adductor magnus, einen starken richtigen Muskelstrom und die negative Schwankung desselben darbieten, wenn man das Blut der Gefässe, so sehr als möglich, durch die Einspritzung einer Zuckerlösung verdrängt hat, gehört insofern nicht hierher, als hierbei die Ernährungsflüssigkeit durch Osmose verändert, wahrscheinlich aber nicht gänzlich beseitigt worden. Der Versuch wurde auch nur angestellt, um darzuthun, dass der Muskelstrom nicht von dem elektrischen Gegensatze des alkalischen Blutes und der angeblich saueren Muskelflüssigkeit herrührt. Die obige Bemerkung in Betreff der Ernährungsflüssigkeit gilt auch von den Beobachtungen, die v. Wittich**) nach Wassereinspritzungen gemacht hat.

Könnte bewiesen werden, dass Thätigkeiten, wie die Muskel-

---

*) Aem. du Bois-Reymond, De Fibrae muscularis reactione ut chemicis visa est acida. Berolini. 1859. 4. p. 42. 43.

**) Guil. de Wittich, Experimenta quaedam ad Halleri doctrinam de musculorum irritabilitate probandam instituta. Regiomonti. 1857. 4. p. 1—32. Virchow's Archiv. Bd. XIII. 1858. S. 421—436.

zusammenziehung oder die Nervenleitung, die mit einer Veränderung und theilweisen Zerstörung ihrer Träger verbunden sind, von den dichten Gebilden allein herrühren, so wäre hierdurch die Grundlage für eine nicht unwichtige Folgerung gewonnen.

Horngewebe, wie die Oberhaut, die Nägel oder die Haare, unterliegen einer Integralerneuerung, indem immer neue Gewebtheile in der unmittelbaren Nachbarschaft der Matrix entstehen, die ältesten natürlich oder künstlich entfernt werden und die Gebilde mittlerer Entwickelungsstufe um eine gewisse Grösse vorrücken. Die ganze Masse jener Hornsubstanzen ist daher nach einiger Zeit eine andere geworden. Man konnte bis jetzt nicht beweisen, dass eine solche Integralerneuerung in den blutgefässreichen Geweben ebenfalls Statt findet. Es blieb denkbar, dass sich der die Thätigkeiten begleitende Umsatz auf die Ernährungsflüssigkeit beschränkt, dass man daher ein beständiges Gerüst dichter Gebilde und eine in Folge der Thätigkeiten wechselnde Durchtränkungsmasse hätte. Würde dargethan, dass die die Thätigkeit begleitende Veränderung die dichten Massen betrifft, dass auf diese Art ein Theil oder die Gesammtmenge ihrer Substanz unbrauchbar wird, so würde der nothwendige Ersatz eine theilweise oder gänzliche Erneuerung bedingen, je nachdem die durch die Thätigkeit erzeugten Zersetzungsproducte nur eine gewisse Summe oder alle Moleküle des Gewebes betroffen haben. Die Vernichtung oder die Umkehr der Wirkungen, die von der Ernährungsflüssigkeit unabhängig sind, müssten auf die dichten Bestandtheile allein bezogen werden.

Ich rede absichtlich von dichten und nicht von festen Gebilden, weil die wasserlosen Rückstände ihre Lebensthätigkeiten eingebüsst haben. Es kann sich daher nur um diejenigen Bestandtheile der Gewebe handeln, welche mit Feuchtigkeit versehen bleiben, deren Durchtränkungsflüssigkeit aber durch Wasser ersetzt zu werden vermag. Das Unbestimmte und daher Ungenügende dieser Erklärung, das Unklare, das ihr anhaftet, liegt in der Mangelhaftigkeit unserer Kenntnisse, in der Unwissenheit, welche Bestandtheile dem Muskel- oder dem Nervensafte und welche den dichten Massen zukommen.

Der eben erläuterte Gedankengang führte mich zu den in dieser Abhandlung mitgetheilten Untersuchungen. Sie zerfallen in zwei Abtheilungen. Der Nerv und der Muskel kamen in eine nicht mehr gewechselte Wassermasse von grossem Volumen in einer ersten und in einer kleineren sich fortwährend ändernden in einer zweiten Versuchsreihe. Nachdem in ihr die

thierischen Gebilde mindestens eine Stunde lang verweilt hatten, untersuchte man die Reizbarkeitserscheinungen, die elektromotorischen Eigenschaften, die Reaction mit Lackmuspapier und die Absorptionsverhältnisse der Kohlensäure oder die Wechselwirkung mit der umgebenden Atmosphäre.

A. Beobachtungen mit beständigen grossen Wassermengen.

Man füllte 11520 Cubikcentimeter oder in runder Zahl 11,5 Liter Wasser in einen Glascylinder einige Zeit vor dem Versuche. Nun wurde der Frosch (Rana temporaria oder R. esculenta) durch Zerstörung des verlängerten Markes und des Gehirnes getödtet. Man durchschnitt hierauf die Weichgebilde und das Schwanzbein in der Höhe des oberen Theiles der beiden Hüftgeflechte, enthäutete die Hinterbeine und bereitete zwei Präparate, von denen jedes den von der äusseren Haut befreiten Unterschenkel und Fuss nebst dem Oberschenkeltheile der Hüftnerven und dem Hüftgeflechte enthielt. Wir wollen das eine das Luft- und das andere das Wasserpräparat nennen. Ich band einen Faden an die Endtheile der mittleren Zehen des Letzteren und befestigte ihn an den wagerechten, über dem Wassercylinder befindlichen Arm eines Statives, so dass ich den Unterschenkel, den Fuss und den Nerven bis in die Mitte der Wassermasse herabsenken konnte. Das Volumen des Präparates wurde, ehe dieses geschah, in einer getheilten mit Wasser versehenen Röhre bestimmt. Das Luftpräparat kam in ein hermetisch verschliessbares, mit ein paar Wassertropfen versehenes Gläschen, das ebenfalls in die Wassermasse des Cylinders versenkt wurde, damit die umgebende, mit Wasserdampf gesättigte Luft und das Luftpräparat derselben Temperatur, wie das Wasserpräparat ausgesetzt blieben. Ein in gleicher Höhe mit den Froschtheilen aufgehängtes Thermometer diente dazu, die Wärme des Wassers am Anfange und am Ende des mindestens eine Stunde dauernden Aufenthaltes der beiden Präparate zu bestimmen.

Da das Volumen des aus dem Unterschenkel und dem Fusse nebst den Hüftnerven und dem Hüftgeflechte bestehenden Luftpräparates nur 2,6 bis 2,2 Cubikcentimeter betrug, so verhielt es sich zu dem der es umgebenden Wassermasse wie 1:4430 und 1:5237. Ein dritter Versuch, für den ich nur den Sartorius, den Gastrocnemius und den Hüftnerven gebrauchte, gab ein Volumen von $^{19}/_{20}$ Cubikcentimeter für die thierischen Theile. Man hatte daher ein Verhältniss zur Wassermasse, wie 1 : 12126. Es liess sich unter diesen Verhältnissen vor-

aussetzen, dass die grossen Wassermengen die Ernährungsflüssigkeit während der einstündigen Einwirkung durch fast reines Wasser oder eine sehr wässerige Lösung ersetzt haben werden. Die Muskeln erschienen blass, oft steifer als im frischen Zustande und hatten an Umfang so sehr zugenommen, dass der Volumenunterschied ohne weitere Messung sogleich in die Augen fiel. Der Sartorius war beträchtlich kürzer und dicker geworden. Die Nervenfasern boten eine schwächere oder eine tiefer greifende Gerinnung und bisweilen eigenthümliche später zu erwähnende Veränderungen dar.

Man prüfte zuerst die Reizbarkeit der aus dem Wasser genommenen Präparate mit einer aus sechs grossen Zink-Kohleelementen zusammengesetzten Kette, die mit verdünnter Schwefelsäure geladen war, und hierauf mit einem durch zwei kleine ähnliche Elemente in Gang gesetzten Magnetelektromotor, schnitt dann den Gastrocnemius mit dem Hüftnerven und dem Hüftgeflechte los, um diese Theile am Galvanometer zu untersuchen und verfolgte die neutrale oder die sauere Reaction mit einem sehr empfindlichen Lacmuspapier. Ich zog noch ein anderes Verfahren zu Hülfe, dessen ich mich schon früher bei eudiometrischen Studien über Muskeln und Nerven bedient hatte.

Bringt man nämlich einen Muskel oder einen Nerven in Kohlensäure *), so absorbirt er das Gas eine Reihe von Stunden mit abnehmender Geschwindigkeit. Man hat daher zuletzt einen Zeitpunkt, in dem das Volumen der übrig bleibenden Kohlensäure ziemlich beständig bleibt. Eine nachfolgende Periode liefert wiederum eine Volumenszunahme, weil Kohlensäure in Folge der immer mehr hervortretenden Milchsäurebildung ausgeschieden wird. Die Bestimmung der Volumenszunahme kann daher als ein Mass dieser Veränderung angesehen werden. Man darf jedoch nicht glauben, dass die sauere Reaction in jedem Theile des Muskels nothwendiger Weise fehlt, wenn noch Kohlensäure verschluckt wird. Das Wasserpräparat kann sogleich sauer reagiren. Die grossen Wassermengen, die es aufgenommen hat, bedingen aber dessenungeachtet eine reichliche Absorption von Kohlensäure während einer Reihe von Stunden. Ich führte in diesen Beobachtungen die Muskeln des Unterschenkels mit Ausnahme des Gastrocnemius und die des Fusses in den Kohlensäureraum ein.

Erster Versuch. Rana esculenta. Getödtet um 8 U. 15 M. Aufenthalt des Luft- und des Wasserpräparates in der Wasser-

*) Archiv für physiologische Heilkunde. Jahrg. 1859. S. 453—474.

masse von 9 U. 55 M. bis 11 U. 1 M., also 66 Minuten. Anfangswärme des Wassers 16^0,0 C., Endwärme desselben 16^0,3 C.

11 U. 2 bis 4 M. Der Hüftnerv des Wasserpräparates ist nicht mehr reizbar. Die blassen und aufgequollenen Unterschenkelmuskeln desselben ziehen sich noch schwach, jedoch deutlich zusammen, wenn die Schläge des Magnetelektromotors durch ihre Masse geleitet werden. Der Hüftnerv und die Muskeln des Luftpräparates besitzen einen hohen Grad von Empfänglichkeit.

Die Nadel des Galvanometers foderte ungefähr 45 Secunden für eine Doppelschwingung in diesen und allen späteren Beobachtungen. Der Hüftnerv des Wasserpräparates gab dann bei ganzem Galvanometer (30000 Windungen) einen richtigen Strom mit erstem Anschlage von 27^0 und Ruhe von 15^0. Electrotonus und negative Schwankung erschienen nicht mehr deutlich. Der richtige Strom des Hüftnerven des Luftpräparates führte die Nadel an die Hemmung und liess sie auf 59^0 ruhen. Man hatte eine deutliche negative Schwankung und beide Phasen des Electrotonus.

Verband ich das obere Ende des Gastrocnemius des Wasserpräparates mit der Achillessehne, so erschien das Erstere positiv. Das halbe Galvanometer (15000 Windungen) mit der Sauerwald'schen Nebenschliessung liess die Nadel an die Hemmung gehen und auf 73^0 ruhen. Man konnte keine negative Schwankung des Muskelstromes nach der Tetanisation des Hüftnerven bemerken. Das obere Ende des Gastrocnemius war so stark positiv zur natürlichen Längsfläche der Vorderseite des Muskels, dass die Nadel bei halbem Galvanometer und der Nebenschliessung an die Hemmung ging und auf 71^0 ruhte. Eine negative Schwankung des Muskelstromes konnte auch hier nicht durch die elektrische Reizung der Nerven hervorgerufen werden. Die Verbindung der positiven natürlichen Längsfläche und der zu ihr negativen Achillessehne endlich gab 72^0 als ersten Anschlag und 47^0 Ruhe bei halbem Galvanometer und Nebenschliessung und ebenfalls keine Spur negativer Schwankung des Muskelstromes.

Das Luftpräparat zeigte die gewöhnliche Spannungsreihe: Oberes Ende, natürliche Längsfläche, unteres Ende. Es lieferte eben so starke Ausschläge, als sonst die ganz frischen Massen.

Prüfte ich das Wasserpräparat des Gastrocnemius $4^1/_2$ Stunden, nachdem es aus dem Wasser genommen worden, so war noch das obere Ende mit 36^0 ersten Ausschlages und 28^0 Ruhe des halben Galvanometers und der Nebenschliessung

positiv in Vergleich zur Mitte der natürlichen Längsfläche der Vorderseite. Das obere Ende erschien vorn mit 53 ⁰ und 80 ⁰ positiv gegenüber dem unteren Ende und eben so die Mitte der Längsfläche in Vergleich zum unteren Ende positiv mit 36 ⁰ und 26 ⁰. Ein Querschnitt, den ich im oberen Drittheil des Wadenmuskels anlegte, reagirte unmittelbar nach seiner Anfertigung sauer. Er zeigte sich dessenungeachtet als positiv gegenüber der natürlichen Längsfläche und zwar mit 49 ⁰ und 30 ⁰ an dem halben Galvanometer mit der Nebenschliessung.

Der ebenfalls sauere Hüftnerv hatte dann einen umgekehrten Strom von 21 ⁰ am ganzen Galvanometer. Der Hüftnerv des Luftpräparates bot um diese Zeit noch einen richtigen Strom dar.

Der oben erwähnte Querschnitt des Gastrocnemius reagirte am folgenden Tage, 24½ Stunden nachdem der Muskel aus dem Wasser genommen worden, stark sauer und war noch positiv in Verhältniss zur natürlichen Längsfläche, jedoch nur mit 18 ⁰ an dem ganzen Galvanometer.

Die beiden Unterschenkelfusspräparate, denen die Gastrocnemii genommen worden, kamen jedes in ein Eudiometer, das mit Wasserdampf gesättigte Kohlensäure enthielt und über einer mit Quecksilber gefüllten pneumatischen Wanne aufgestellt war. Ich setzte sie bald nach der Herausnahme aus dem Wasser ein und liess sie darin ungefähr 24 Stunden lang. Die angegebenen Volumina beziehen sich auf Einheiten von 0,619 C. C., 0 ⁰ C. Temperatur, 760 Millimeter Barometer und dem trockenen Zustand. Man hatte:

Luftpräparat.

Verhältnisse.	Zeit der Beobachtung.	Normal-Volumen in Einheiten von 0,619 C.C.	Unterschied.
Ursprüngliche Kohlensäure	— —	19,360	— —
Nach der Einführung des Luftpräparates	11 U. 26 M.	20,254	+ 0,894
An demselben Tage	12 U. 18 M.	18,735	— 1,519
	1 U. 55 M.	18,289	— 0,446
	4 U. 1 M.	18,131	— 0,158
	6 U. 50 M.	18,100	— 0,031
An dem folgenden Tage	11 U. 18 M.	18,113	+ 0,013

Wasserpräparat.

Verhältnisse.	Zeit der Beobachtung.	Normal-Volumen in Einheiten von 0,619 C.C.	Unterschied.
Ursprüngliche Kohlensäure	— —	18,352	— —
Nach der Einführung d. Wasserpräparates	11 U. 27 M.	19,932	+ 1,580
An demselben Tage	12 U. 20 M.	18,216	— 1,716
	1 U. 56 M.	17,378	— 0,838
	4 U. 2 M.	17,174	— 0,204
	6 U. 50 M.	17,440	+ 0,266
	— —	—	— —

Der Austritt von Wasser, das den inneren Quecksilberspiegel bedeckte, und zwar vorzugsweise aus dem Wasserpräparate, hinderte die fernere Verfolgung der Volumensänderungen.

Das aus Unterschenkel und Fuss bestehende, die Haut, den Gastrocnemius und den obersten Theil der Tibia entbehrende Luftpräparat hatte ein Volumen von 0,894 Einheiten von 0,619 C. C. Das ungefähr gleich geschnittene Wasserpräparat gab 1,580 solcher Einheiten. Das Volumen des Ersteren verhielt sich also zu dem des Letzteren, wie 1:1,8. Die Wasseranschwellung bildete die Hauptursache dieses Unterschiedes.

Man sieht, dass beide Präparate eine Zeit lang Kohlensäure mit abnehmender Geschwindigkeit absorbirten. Das mit seinen reichlichen Wassermengen versehene Wasserpräparat nahm absolut mehr, relativ dagegen weniger Kohlensäure auf, als das Luftpräparat. Denn jenes gibt im Ganzen $\frac{2,758}{1,580} =$ 1,75 und dieses $\frac{2,154}{0,894} = 2,41$. Das Wasserpräparat entband auch wieder Kohlensäure früher und in stärkerem Masse, als das Luftpräparat, so dass in ihm die Säurebildung eher mit grösserer Macht fortschritt.

Zweiter Versuch. R. esculenta. Getödtet um 10 U. 4 M. Volumen des Wasserpräparates, das aus dem Unterschenkel, dem Fusse, dem Hüftnerven und dem Hüftgeflechte bestand, 2,3 Cubikcentimeter.

Das Wasserpräparat und das Luftpräparat blieben in dem Wasser von 10 U. 8 M. bis 11 U. 8 M. Die Anfangstemperatur des Wassers war $14^0,8$ C., die Endtemperatur $14^0,6$ C.

Der Hüftnerv des Wasserpräparates war nicht mehr reizbar, die Muskeln dagegen noch in hohem Grade empfänglich.

Der Nerv und die Muskeln des Luftpräparates hatten ihre Leistungsfähigkeit nachdrücklich bewahrt.

11 U. 33 M. Der Nerv des Wasserpräparates gab für die Längsfläche und einen neuen künstlichen Querschnitt einen richtigen Strom am ganzen Galvanometer, dessen erster Anschlag 52 ^{0} und dessen Ruhestelle 36 ^{0} betrugen. Eine negative Schwankung oder eine der beiden Phasen des Electrotonus liess sich mit Sicherheit nicht erkennen.

Das obere Ende des Gastrocnemius des Wasserpräparates war gegen das untere stark positiv. Die Nadel ging an die Hemmung bei dem Gebrauche des halben Galvanometers und der Nebenschliessung und ruhte auf 66 ^{0}. Eben so war das obere Ende positiv gegen die natürliche Längsfläche der Vorderseite des Muskels mit 90 ^{0} und 76 ^{0}. Die elektrische Erregung des Nerven erzeugte keine sichtliche Zusammenziehung und keine negative Schwankung des Muskelstromes. Die erwähnte natürliche Längsfläche erschien endlich positiv zur Achillessehne mit 65 ^{0} ersten Anschlages und 41 ^{0} Ruhe bei halbem Galvanometer und Nebenschliessung. Liess ich die schwachen Ströme des Magnetelektromotors durch eine oberhalb des oberen Ableitungspunktes gehende Stelle des Muskels treten, so dass die Elektroden etwa 2 bis 3 Millimeter wechselseitig abstanden, so zeigte sich eine negative Schwankung von mindestens 5 ^{0}. Die nähere Prüfung mit Umkehr der Pole oder der Durchschneidung zwischen der Reizungs- und der Ableitungsstelle liess annehmen, dass keine Täuschung durch Stromesschleifen vorlag.

Ein in dem oberen Drittheil des Gastrocnemius befindlicher künstlicher Querschnitt reagirte sauer unmittelbar nach seiner Anfertigung. Sogleich (11 U. 55 M.) am Galvanometer geprüft erschien er bei 15000 Windungen und Nebenschliessung positiv gegenüber der natürlichen Längsfläche mit 28 ^{0} und in Vergleich mit der Achillessehne mit 55 ^{0}. Nahm ich das obere Ende und den zu ihm gehörenden ebenfalls sauer reagirenden Querschnitt, so erschien das Erstere positiv mit 24 ^{0}. Man hatte also die gewöhnlichen Richtungen des Muskelstromes, wenn auch der schon sauer reagirende Querschnitt die eine der beiden Ableitungsstellen lieferte.

12 U. 4 M. Der Nerv des Luftpräparates gab ziemlich kräftige und der Muskel sehr starke Ströme.

2 U. 26 M. Die meisten Fasern des Hüftnerven des Wasserpräparates waren zu einem grossen Theile durch und durch geronnen. Einzelne enthielten aber überall Mark, das nur an den Rändern gefaltet erschien. Sie erwiesen sich unter dem

Polarisationsmikroskope, wie gewöhnlich, negativ in Verhältniss zur Längsachse. Dieses zeigte sich an den Gerinnungsstellen am deutlichsten. Der Hüftnerv des Luftpräparates schien ungefähr eben so viel geronnene Fasern zu enthalten. Die Gerinnungsmasse war aber nicht so feinkörnig, sondern grob gefaltet, milchweisser und undurchsichtiger, als die Fasern in dem Nerven des Wasserpräparates.

Die beiden Unterschenkel-Fusspräparate ohne die Gastrocnemii, die Kniegelenke und die Haut kamen in die Kohlensäure 9 bis 10 Minuten, nachdem das eine aus dem Wasser und das andere aus dem in dem Wasser versenkt gewesenen Luftgefässe herausgenommen worden. Sie blieben hier $22^1/_2$ Stunden. Man hatte dabei in Einheiten von 0,619 C. C. für das Normalvolumen von 0^0 C., 760 Mm. Barometer und den trockenen Zustand:

Luftpräparat.

Verhältnisse.	Zeit der Beobachtung.	Normal-Volumen in Einheiten von 0,619 C.C.	Unterschied.
Ursprüngliche Kohlensäure	— —	21,349	— —
Nach der Einführung des Luftpräparates	11 U. 17 M.	22,508	+ 1,159
An demselben Tage	12 U. 12 M.	20,850	— 1,658
	2 U. 12 M.	20,260	— 0,590
	4 U. 22 M.	20,148	— 0,112
Am folgenden Tage	9 U. 45 M.	20,355	+ 0,207

Wasserpräparat.

Verhältnisse.	Zeit der Beobachtung.	Normal-Volumen in Einheiten von 0,619 C.C.	Unterschied.
Ursprüngliche Kohlensäure	— —	20,311	— —
Nach der Einführung d. Wasserpräparates	11 U. 18 M.	21,404	+ 1,093
An demselben Tage	12 U. 13 M.	19,854	— 1,550
	2 U. 14 M.	19,296	— 0,558
	4 U. 23 M.	19,286	— 0,010
Am folgenden Tage	9 U. 46 M.	19,820	+ 0,534

Das Wasserpräparat hörte wiederum mit der Kohlensäureabsorption früher auf und schied ebenfalls mehr Kohlensäure bis zu dem folgenden Tage aus, als das Luftpräparat. Das

Erstere hatte im Ganzen wahrscheinlich nur wenig mehr als $\frac{2,360}{1,159} = 2,04$ als verhältnissmässigen Aufnahmewerth der Kohlensäure, das Letztere dagegen $\frac{2,118}{1,093} = 1,94$. Da es nicht so viel Wasser enthielt, so nahm es absolut nicht mehr, aber wiederum relativ grössere Mengen auf, als das Luftpräparat.

Dritter Versuch. Rana esculenta. Getödtet um 9 U. 57 M. Der eine Sartorius und der Gastrocnemius mit dem Oberschenkeltheile des Hüftnerven, die zusammen ein Volumen von $^{19}/_{20}$ Cubikcentimeter besassen, kamen um 10 U. 7 M. in die Wassermasse von $14^0,8$ C. Sie wurden um 11 U. 7 M. herausgenommen. Die Wärme des Wassers glich dann $14^0,7$ C. Das Volumen von diesem war 12126 mal so gross, als das der unmittelbar in dasselbe eingetauchten thierischen Theile.

Der blasse gelblichweisse Sartorius hatte sich fast auf die Hälfte der Länge, die er nach dem Herausschneiden bei dem Einsetzen besessen, verkürzt. Er erschien dafür noch ein Mal so dick. Der Gastrocnemius war weisslich, aufgeschwollen und härter. Keiner dieser beiden Muskeln zeigte eine Spur von Empfänglichkeit.

1 U. 13 M. Ein frischer eben neu angelegter Querschnitt an dem oberen Ende des Sartorius reagirte schon deutlich sauer. Dieser Querschnitt erschien negativ gegen die natürliche Längsfläche mit 18^0 an dem halben Galvanometer und der Nebenschliessung und mit 52^0 ersten Ausschlages und 25^0 Ruhe an dem halben Galvanometer allein.

Der sauer reagirende Hüftnerv, an dem ein frischer Querschnitt angelegt worden, gab einen richtigen Strom mit 46^0 Ausschlag und 25^0 Ruhe am ganzen Galvanometer. Ein frischer Querschnitt lieferte 25^0 und 16^0, Man hatte 2^0 für die negative und 6^0 für die positive Phase des Electrotonus.

Der im Wasser gewesene Gastrocnemius zeigte die natürliche Längsfläche der Mitte der Vorderseite in Vergleich zur Achillessehne positiv mit 24^0 des halben Galvanometers und der Nebenschliessung. Das obere Ende war gegen jene Längsfläche positiv mit 26^0 und ein künstlicher Querschnitt durch das Ende des obersten Drittheiles des Muskels, der sogleich sauer reagirte, positiv gegen die natürliche Längsfläche mit 23^0 und gegen die Achillessehne mit 27^0.

11 U. 55 M. Viele Primitivfasern der Hüftnerven des Wasserpräparates erschienen ganz, wie gewöhnlich geronnen. Andere boten noch keine deutlichen Merkmale der Gerinnung dar.

Die Fasern gaben in polarisirtem Lichte, vorzugsweise an den geronnenen Stellen, die in Verhältniss zur Längsachse negative Reaction mit Lebhaftigkeit und prachtvoller, nachdem sie mit Glycerin befeuchtet worden. Die Muskelfasern des Sartorius zeigten ebenfalls einen hohen Grad von Doppelbrechung mit verhältnissmässig positiver Wirkung in Bezug auf die Längsachse.

Vierter Versuch. Männchen von Rana esculenta. Getödtet 2 U. 8 M. Man brachte in das Wasser um 2 U. 17 M. die beiden Sartorii und einen Gastrocnemius mit den zugehörigen Hüftnerven und Hüftgeflechte. Diese und das noch eingeführte Herz hatten ein Volumen von $1^3/_4$ C. C. Das der auszuziehenden thierischen Theile verhielt sich daher zu dem der Wassermasse, wie 1:6583. Die Wärme der Letzteren glich 14,6^0 C. am Anfange und 14^0,8 C. am Ende der bis 3 U. 22 M. oder 65 Minuten dauernden Aufenthaltszeit der genannten Muskel- und Nervengebilde.

3 U. 27 M. Der Hüftnerv und der Gastrocnemius beantworteten nicht die Erregung durch den Magnetelektromotor in irgend merklicher Weise.

3 U. 28 M. Der Hüftnerv gab nach neu angelegtem Querschnitte einen richtigen Strom von 74^0 ersten Ausschlages und 40^0 Ruhe an dem ganzen Galvanometer und schien auch noch Electrotonus und selbst eine sehr geringe negative Schwankung darzubieten. Das obere Ende des Gastrocnemius war positiv gegen die Achillessehne mit 54^0 bei dem Gebrauche des halben Galvanometers und der Nebenschliessung und gegen die Längsfläche mit 30^0. Die Letztere erschien positiv gegen die Achillessehne mit 28^0 bei halbem Galvanometer und der Nebenschliessung. Benutzte man das halbe Galvanometer allein, so ging die Nadel an die Hemmung und ruhte bei 60^0 in dem Sinne des richtigen Stromes. Man konnte aber keine negative Schwankung des Letzteren wahrnehmen, man mochte den Nerven oder eine kleine Muskelstrecke ausserhalb der für das Galvanometer dienenden Ableitungsstellen tetanisiren.

3 U. 40 M. Die Sartorii waren blass, zusammengezogen und reizlos. Der frische Querschnitt des einen, der schwach sauer reagirte, verhielt sich schon positiv und nicht mehr negativ zur natürlichen Längsfläche und zwar mit 50^0 erstem Ausschlages und 30^0 Ruhe bei halbem Galvanometer ohne Nebenschliessung. Ein zweiter ebenfalls sauerer Querschnitt gab denselben umgekehrten Muskelstrom mit 46^0 und 28^0.

B. Beobachtungen mit wechselnden Wassermengen.

Die Aenderung der den Muskel oder den Nerven durchtränkenden Flüssigkeit wurde hier dadurch erreicht, dass sich die thierischen Theile in einem ununterbrochenen Wasserstrome befanden. Man fertigte zwei Präparate aus einem eben getödteten Frosche an. Jedes bestand aus dem Unterschenkel, dem Fusse, den Hüftnerven und dem Hüftgeflechte. Das eine, das wir das Luftpräparat nennen wollen, kam sogleich in ein Reagenzglas, auf dessen Boden sich ein Wassertropfen befand und das dann mit einem Korke fest geschlossen wurde. Das andere, das Wasserpräparat, wurde zuerst in eine mit Wasser zum Theil gefüllte graduirte Röhre eingeführt, um das Volumen desselben zu bestimmen. Ich deckte hierauf die Ausgangsmündung eines Trichters mit einem Drahtnetze, legte auf dieses das Wasserpräparat und brachte den in einem Stative befestigten Trichter unter einen laufenden Brunnen, dessen Ausflussmenge durch einen Hahn regulirt wurde. Ich stellte diesen so ein, dass zur unteren Mündung des Trichters nahezu so viel abfloss als oben von dem Brunnen aus eintrat, der Trichter also immer das gleiche Volumen des beständig gewechselten Wassers enthielt. Es betrug fast genau $^3/_{10}$ Liter. Die Gleichheit des Zu- und des Abflusses gewährte den Vortheil, dass man die Geschwindigkeit des Durchflusses durch eine untergesetzte Massflasche zu einer beliebigen Zeit des Versuches bestimmen konnte. Ich that dieses am Anfange, in der Mitte und an dem Ende der Beobachtungszeit und die Werthe, die ich erhielt, wichen so wenig ab, dass ich z. B. 2 Minuten und 20 Secunden am Anfange und nur 2 Minuten 18 Secunden für das Ende des fünften Versuches und 7,2 Liter Wasser erhielt. Es gingen also hiernach 3,09 bis 3,13 Liter Wasser in der Minute durch. Ich nahm daher 3,1 Liter als runde Zahl an. Das in dem Reagenzgläschen eingeschlossene Luftpräparat kam indessen in das Durchflusswasser oder in die unten aus dem Trichter hervortretende Wassermasse.

Hatte der Versuch mindestens eine Stunde gedauert, so wurden die Präparate auf ihre Reizbarkeit und vorzüglich das Wasserpräparat auf seine elektromotorischen Eigenschaften geprüft. Der losgetrennte Wadenmuskel eines jeden von ihnen kam dann in eine zum Theil mit Atmosphäre gefüllte und durch Quecksilber abgesperrte, in einer pneumatischen Wanne befindliche Eudiometerröhre und verweilte dort eine Reihe von Stunden. Ich untersuchte später den Gehalt an Kohlensäure und an Sauerstoff in der nach der Entfernung des Muskels

vorhandenen Gasmasse nach denselben Verfahrungsarten, die ich schon früher für ähnliche Zwecke eingeschlagen hatte.

Ich trocknete das Wasserpräparat an seiner äusseren Oberfläche vor der Einführung in die Eudiometerröhre nicht ab, um keine neuen künstlichen Bedingungen einzuführen. Hätte ich aber auch dieses gethan, so würde doch ein Uebelstand, der hier als Regel auftritt, nur verkleinert, nicht aber gänzlich beseitigt worden sein. Lässt man auch das Präparat nur 4 bis 5 Stunden in der Eudiometerröhre, so fliesst doch schon indessen so viel Wasser ab, dass sich eine grössere oder geringere Menge desselben über dem Quecksilber ansammelt. Dieser Umstand macht Nichts für die Volumenbestimmung des eingeführten Muskels, da man das abgeflossene Wasser zu ihm rechnen muss, wenn auch früher eine Schicht desselben nur die Oberfläche der Muskelmasse deckte. Entfernt man sie aber mit der Kohlensäure durch die wiederholte Einführung von Kali, so muss man sie in Rechnung bringen. Ich that dieses nach einer der Annäherungsgleichungen, die ich für diesen Fall bei meinen früheren Studien benutzt habe*).

Fünfter Versuch. Der Frosch (Rana esculenta) um 9 U. 1 M. getödtet. Volumen des Wasserpräparates 2,5 C. C. Dauer des Wasserdurchflusses von 9 U. 14 M. bis 10 U. 37 M. Menge des durchflossenen Wassers 257,3 Liter oder 102920 mal so viel als das Volumen des Präparates. Temperatur des Wassers ungefähr 12 ⁰ C.

Das Wasserpräparat war blasser, steifer und geschwollener, als das Luftpräparat.

10 U. 39 bis 40 M. Der untere Theil des Hüftnerven, nicht aber der obere erzeugte noch deutliche Zusammenziehungen in dem Muskel des Unterschenkels, wenn er mit dem Magnetelektromotor angesprochen wurde. Gingen die elektrischen Ströme durch die Muskelmasse selbst, so zog sich diese etwas stärker zusammen. Der Nerv und der Muskel des Luftpräparates hatten einen hohen Grad von Empfänglichkeit bewahrt.

10 U. 45 M. Der Nerv des Wasserpräparates gab einen richtigen Nervenstrom von 40^0 ersten Ausschlages und 15^0 Ruhe am ganzen Galvanometer. Die negative Stromesschwankung und der Electrotonus waren nicht deutlich, wenn man das reizlose Hüftgeflecht für den Querschnitt benutzte.

Das obere Ende des Wadenmuskels des Wasserpräparates war positiv in Bezug auf die Achillessehne. Die Nadel ging

*) Arch. für physiol. Heilkunde. Jahrgang 1859. S. 442. 443.

bei halbem Galvanometer an die Hemmung und ruhte auf 50⁰. Reizte man den unteren Theil des Hüftnerven elektrisch, so entstand eine negative Schwankung des Muskelstromes von 5⁰. Die natürliche Längsfläche der Vorderseite des Wadenmuskels erschien positiv in Bezug auf die Achillessehne mit 78⁰ ersten Ausschlages und 24⁰ Ruhe an dem halben Galvanometer. Die negative Schwankung betrug dann 3⁰ bis 4⁰. Das obere Ende des Wadenmuskels endlich war positiv in Vergleich mit der erwähnten natürlichen Längsfläche mit 42⁰ erster Ablenkung und 24⁰ Ruhe an dem halben Galvanometer. Dic negative Schwankung glich 5⁰ bis 6⁰.

11 U. 15 M. Der Wadenmuskel des Wasserpräparates schwach und der des Luftpräparates sehr stark empfänglich. Beide wurden unmittelbar darauf in das Eudiometer gebracht. Hatten sie hier fünf Stunden verweilt, so zogen sie sich nicht mehr unter dem Einflusse der stärksten Schläge des Magnetelektromotors zusammen.

Die Eudiometerbestimmungen ergaben:

Verhältnisse.	Luftpräparat.	Wasserpräparat.
Ursprüngliche Atmosphäre	13,513	14,783
Freie Kohlensäure	1,545	0,611
Aufgenommener Sauerstoff	0,790	1,153

Die angegebenen Werthe beziehen sich auf trockene Normalvolumina von 0⁰ C., 760 Mm. Barometer und Masseinheiten von 0,619 C. C. Die Werthe der während der fünf Stunden frei gemachten Kohlensäure und des fehlenden Sauerstoffes sind des ausgetretenen Wassers wegen nicht so genau, dass sie sich gegenseitig mit Sicherheit vergleichen liessen. Ein Theil der Kohlensäure des Wasserpräparates blieb wahrscheinlich noch in der grossen, die Gewebe durchtränkenden Wassermasse absorbirt. Dieses erklärt es, weshalb das mehr abgestorbene Wasserpräparat verhältnissmässig wenig freie Kohlensäure darbot, dagegen bedeutende Mengen von Sauerstoff, wie jeder abgestorbene Muskel *) verschwinden liess.

S e c h s t e r V e r s u c h. Mittelgrosser, seit ungefähr dreiviertel Jahren gefangen gehaltener Frosch. Der Gang der Untersuchung stimmte mit dem des fünften Versuches überein, nur mit dem Unterschiede, dass sich das Vergleichspräparat in Wasser und nicht in der Luft befand.

*) Archiv für physiologische Heilkunde. Bd. XIV. S. 477. 478.

9 U. 15 M. Das Thier getödtet.

9 U. 20 M. Das aus dem Unterschenkel, dem Fusse, dem Hüftnerven und dem Hüftgeflechte bestehende Vergleichspräparat hatte ein Volumen von 1 C. C. und wurde in $3^3/_4$ C. C. Wasser gebracht.

Das Volumen des Wasserpräparates betrug 1,1 C. C. Dieses kam auf das Drahtnetz des Trichters und das fest verschlossene Reagenzglas, welches das Vergleichspräparat mit dessen Wasser enthielt, dicht daneben, so dass die Glasmasse von dem durchlaufenden Wasser, dessen Wärme 14^0 C. betrug, fortwährend bespült wurde. Die 7,2 Liter fassende Flasche füllte sich in 2 Minuten 30 Secunden in dem Anfange und in 2 Minuten 26 Secunden am Ende des Versuches. Nehmen wir das Mittel von 2 Minuten 28 Secunden, so gingen 2,9 Liter in der Minute durch.

Dauer des Durchflusses von 9 U. 26 M. bis 10 U. 41 M. Es traten also 217,5 Liter durch den Trichter. Diese Wassermasse betrug aber 197727 mal so viel als das Volumen des Wasserpräparates.

10 U. 43 M. Der Hüftnerv des Wasserpräparates war gegen die stärksten Schläge des Magnetelektromotors nicht mehr reizbar. Sprach man dagegen die Muskeln unmittelbar an, so zogen sie sich noch schwach zusammen. Eben so fehlte alle Empfänglichkeit dem Hüftnerven des Vergleichspräparates. Seine Muskeln verkürzten sich bei unmittelbarer Ansprache nur spurweise und daher bedeutend schwächer, als die des Wasserpräparates.

10 U. 50 M. Der Hüftnerv des Wasserpräparates gab einen umgekehrten Nervenstrom von 24^0 des ganzen Galvanometers. Ruhe 12^0. Keine Spur von negativer Stromesschwankung. Elektrotonus im Sinne des umgekehrten Stromes, negative Phase 4^0, positive 5^0. Derselbe Nerv lieferte auch einen umgekehrten Strom nach dem Umlegen.

11 U. 7 M. Der mit dem Kniegelenke noch verbundene Wadenmuskel des Wasserpräparates. Kniegelenk gegen die Achillessehne positiv mit 44^0 an dem halben Galvanometer. Ruhe 26^0. Negative Schwankung des Muskelstromes nach Reizung des Hüftnerven 3^0.

11 U. 10 M. Die hintere Längsfläche des gleichen Wadenmuskels positiv gegen die Achillessehne mit 46^0 des halben Galvanometers. Ruhe 23^0. Negative Schwankung dieses Muskelstromes 2^0.

11 U. 14 M. Kniegelenk positiv gegen die hintere Längsfläche mit 28^0 des halben Galvanometers. Ruhe 15^0. Negative Schwankung des Muskelstromes nach Reizung des Hüftnerven scheinbar 1^0 bis 2^0.

11 U. 25 M. Der Hüftnerv des Vergleichspräparates gab einen richtigen Strom von kaum 5^0 an dem ganzen Galvanometer. Keine Spur von negativer Stromesschwankung.

11 U. 30 M. Die vordere Längsfläche positiv gegen die Achillessehne mit 31^0 des halben Galvanometers. Ruhe 18^0. Keine Spur von negativer Schwankung des Muskelstromes nach Reizung des Hüftnerven.

11 U. 34 M. Das Kniegelenk des Vergleichspräparates positiv gegen die vordere Längsfläche mit 26^0 des halben Galvanometers. Ruhe 13^0. Keine Spur von negativer Schwankung des Muskelstromes.

11 U. 35 M. Weder das Wasser- noch das Vergleichspräparat zeigte eine Spur von Reizbarkeit, man mochte den Nerven oder den Muskel ansprechen.

11 U. 55 M. Die mikroskopische Beschaffenheit des Hüftnerven des Wasser- und dessen des Vergleichspräparates war im Wesentlichen dieselbe. Man hatte viele Fasern mit geronnenem und andere mit nicht sichtlich verändertem oder nur an den Rändern doppelt contourirtem Marke.

Der Wadenmuskel eines jeden der beiden Präparate blieb 4½ Stunden in Atmosphäre. Die eudiometrischen Bestimmungen lieferten in Volumeneinheiten von 0,619 C. C. nach der Zurückführung auf Normalvolumina.

Verhältnisse.	Vergleichspräparat.	Wasserpräparat.
Volumen des Wadenmuskels . . .	0,502	0,630
Ursprüngliche Atmosphäre	14,821	14,260
Freie Kohlensäure	0,246	0,198
Verzehrter Sauerstoff	0,140	0,175

Die Hauptergebnisse dieser Untersuchungen sind:

1. Aendert man die Ernährungsflüssigkeit, welche ein aus dem Hüftgeflechte, dem Hüftnerven, dem enthäuteten Unterschenkel und Fusse bestehendes Froschpräparat durchtränkt, in durchgreifender Weise, sei es dass man das Ganze eine Stunde und länger in einer constanten Menge von Brunnwasser, die mehr als das 4000fache der thierischen Theile beträgt,

verweilen oder mehr als das Hunderttausendfache in der Nachbarschaft der Gewebe vorüberströmen lässt, so sinken zwar die Grössen der Lebenseigenschaften der Nerven und der Muskeln, verlieren sich jedoch nicht nothwendiger Weise gänzlich. Beide Gewebearten können ihre Reizbarkeit, ihre elektromotorischen Fähigkeiten, ihre gewöhnliche Hauptwirkung auf die sie umgebende Kohlensäure oder atmosphärische Luft beibehalten. Da man nach den Gesetzen der Diffusion annehmen darf, dass die lange Einwirkung jener verhältnissmässig beträchtlichen Wassermassen die durchtränkende Flüssigkeit auf das Wesentlichste geändert haben wird, so folgt mit vieler Wahrscheinlichkeit, dass alle genannten Thätigkeiten der Nerven und der Muskeln Functionen der dichten Bestandtheile, d. h. der mit Flüssigkeit versehenen festen Körper derselben und nicht der von dem Blute gelieferten Ernährungsflüssigkeit sind.

2. Dieser Schluss wird noch durch den Vergleich mit dem Verhalten kleinerer Wassermengen unterstützt. Setzt man das eine Unterschenkelpräparat des gleichen Frosches der Einwirkung einer verhältnissmässig grossen constanten Wassermenge aus, während sich das andere in einer mit Wasserdämpfen gesättigten Atmosphäre befindet, so erhalten sich die Lebenseigenschaften der Letzteren immer weit besser, als die des Wasserpräparates. Brachte man dagegen das Vergleichspräparat, wie es z. B. in dem sechsten Versuche geschah, in eine nur $3^3/_4$ mal so grosse Wassermenge, während ein 197727 mal so grosses Volumen Wasser an dem anderen Präparate desselben Thieres vorüberströmte, so hatte das Letztere in diesem Falle im Ganzen weniger gelitten, als das Erstere. Ging auch vielleicht ein grosser Theil des Wassers bei seinem fortwährenden Durchflusse nicht unmittelbar an der Oberfläche des Präparates dahin, obgleich sich dieses mitten in dem Strome befand, so enthielt doch der Trichter immer ungefähr $^3/_{10}$ Liter oder nahezu 278 mal so viel Wasser, als das Volumen des Präparates betrug. Die Ernährungsflüssigkeit wurde daher jedenfalls durchgreifender geändert, als da, wo weniger als die vierfache Wassermenge vorhanden war und diese gar nicht gewechselt wurde. Sanken dessenungeachtet die Lebenseigenschaften der Nerven und der Muskeln nicht nur nicht weniger, sondern erhielten sich zum Theil besser, so werden wir schliessen, dass sie nicht von der concentrirten oder verdünnteren Beschaffenheit der Durchtränkungsflüssigkeit, sondern von den durchfeuchteten dichten Bestandtheilen abhängen. Die Abnahme, welche bei dem Aufenthalte in geringeren oder grösseren, beständigen oder wechselnden Wassermengen ein-

tritt, rührt wahrscheinlich von den chemischen Einwirkungen des Wassers, sei es der Ausziehung von Stoffen, sei es der Gerinnung oder von beiderlei Einflüssen her. Sie wird daher geringer ausfallen, wenn man Lösungen indifferenter Körper, wie z. B. Zucker, Eiweiss, statt des Wassers unter den gleichen Temperaturverhältnissen anwendet.

3. Bestimmen auf diese Weise die durchfeuchteten dichten Theile der Nerven und der Muskeln die hauptsächlichsten Lebenseigenschaften, so hängen auch von ihnen die Veränderungen derselben, welche die Lebensthätigkeiten herbeiführen, wesentlich ab. Da auch der mit Wasser durchtränkte Muskel Kohlensäure aushaucht und Sauerstoff aus der gewöhnlichen Luft aufnimmt, in einer Kohlensäureatmosphäre dagegen Kohlensäure so lange verschluckt, bis die in ihm durch die Selbstzersetzung erzeugte Milchsäure den Austritt von Kohlensäure hervorruft, so folgt, dass diese Veränderungen auf Kosten seiner dichten Masse vor sich gehen. Wir haben aber auch eine Absorption von Sauerstoff, die Bildung von Kohlensäure, die Erzeugung von Milchsäure in den Nerven und Muskeln des lebenden Geschöpfes. Die dichten Bestandtheile derselben erfahren also einen fortwährenden inneren Umsatz in dem lebendigen Körper. Die aus dem Blute ausgetretene Ernährungsflüssigkeit wird daher die durch die Veränderung unbrauchbar gewordenen Bestandtheile der dichten Massen erneuern müssen. Man hat mithin eine durchgreifende Erneuerung derselben in Folge der Ernährungserscheinungen.

4. Ist ein Präparat durch die Einwirkung des Wassers in seinen Lebenseigenschaften geschwächt oder abgetödtet worden, so zeigt es dasselbe Hauptverhalten zu Kohlensäure oder zu gewöhnlicher Atmosphäre in Vergleich mit einem lebenskräftigeren Präparate, wie es schon die früheren Untersuchungen für Präparate ergaben, deren Lebenseigenschaften auf anderem Wege vernichtet waren. Der reichlichere Wassergehalt der Wasserpräparate bewirkt aber natürlich, dass ein Theil der gebildeten Kohlensäure absorbirt bleibt, folglich eine geringere Menge derselben in die umgebende Luftmasse übertritt. Die stärkere Sauerstoffabsorption derselben kann theils von dem gleichen Umstande und theils von dem fortgeschritteneren Abgestorbensein des Präparates abhängen.

5. Die schädliche Wirkung des Wassers begünstigt die Säurebildung im Muskel. Er kann dabei vorkommen, dass ein durch die obere Hälfte des Wadenmuskels geführter Querschnitt sauer reagirt und dessenungeachtet noch positiv in

Vergleich zur natürlichen Längsfläche erscheint. Diese Thatsache wird begreiflicher, wenn wir uns erinnern *), dass die positive Beschaffenheit jenes Querschnittes nur von den Ansatzstücken der Muskelfasern an das innere Sehnenblatt des Wadenmuskels herrührt.

---

*) Diese Zeitschrift. Dritte Reihe. Bd. XV. 1862. S. 218.

Ueber den Einfluss der Leistung mechanischer Arbeit auf die Ermüdung der Muskeln.

Von

Dr. med. **Theodor Leber** in Heidelberg.

(Hierzu Tafel X. u. XI.)

Die vorliegende Arbeit gibt die Resultate einer Reihe von Versuchen, welche ich im Sommer 1861 und Winter 62/63 im Laboratorium des Herrn Hofrath Helmholtz über die oben bezeichnete Frage anstellte. Die ersten Resultate wurden schon 1861 in einer von der hochlöbl. medizin. Facultät der Universität Heidelberg gekrönten Preisschrift zusammengestellt. Da dieselben aber noch in einem wesentlichen Punkte weiterer Bestätigung zu bedürfen schienen, so unterzog ich dieselben nochmals einer ausführlichen experimentellen Prüfung, deren Resultate hier gegeben sind.

Wenn meine Versuche auch über den Einfluss der Arbeit selbst schliesslich zu keinen schlagenden Resultaten geführt haben, so glaube ich doch, dieselben mittheilen zu müssen, da über den behandelten Gegenstand bis jetzt noch keine Untersuchungen vorliegen, und dieselben doch über einige für die Lehre der Ermüdung wichtige Punkte Aufschluss geben.

Für die vielfache freundliche Unterstützung bei meiner Arbeit fühle ich mich verpflichtet, Herrn Hofrath Helmholtz sowie Herrn Dr. Wundt hiermit meinen besten Dank auszusprechen.

Die vorliegende Frage ist für die Theorie der Muskelbewegung von grossem Interesse. Wenn die Leistungsfähigkeit

der Organe durch die Zersetzung chemischer Verbindungen und besonders des Eiweisses bedingt ist, so wird die Abnahme derselben oder die Ermüdung ein Mass abgeben für die Grösse der in dem Muskel stattgehabten chemischen Umsetzungen. Der Sinn der Frage ist daher der, ob durch die Leistung mechanischer Arbeit, durch welche Kraft nach aussen hin verbraucht wird, unter sonst gleichen Bedingungen die Umsetzung im Innern des Muskels vermehrt wird. Es wird dabei natürlich vorausgesetzt, dass die Umsetzung im Innern des Muskels bei gleichem Reiz verschieden gross sein könne, eine Annahme, der principiell Nichts im Wege steht, und die dadurch bestätigt wird, dass bei gleicher Leistungsfähigkeit und gleichem Reize die Ermüdung durchaus nicht immer gleich gross ist.

Von vornherein muss es wahrscheinlich erscheinen, dass die Leistung mechanischer Arbeit die Ermüdung beschleunigt, indem ein gesteigerter Kraftverbrauch nach aussen eine gesteigerte Umsetzung im Innern des Muskels erzeugen wird. Auch die Erscheinungen am lebenden Organismus, die bedeutende Ermüdung durch angestrengte Arbeitsleistung, der gesteigerte Athmungsprocess, die beschleunigte Circulation z. B. beim Besteigen eines steilen Berges im Vergleich zur geringen Ermüdung beim Gehen in der Ebene sprechen dafür, dass Arbeitsleistung einen wesentlichen Einfluss auf die Ermüdung ausüben müsse.

Jedoch wäre es auch denkbar, dass die Umsetzung im Muskel durch Arbeitsleistung nicht vermehrt würde. Es brauchte dann nur ein grosser Theil der lebendigen Kraft, der sonst zu anderen Kraftäusserungen, besonders zur Erzeugung von Wärme im Muskel verwandt wurde, jetzt zur Arbeitsleistung verbraucht zu werden, und man wird dann nicht nothwendig einen vermehrten Umsetzungsprocess und dadurch eine stärkere Ermüdung zu bekommen brauchen.

I. Uebersicht der bisherigen Resultate.

Die bisherigen Arbeiten über Ermüdung der Muskeln hatten sich noch nicht mit diesem Gegenstande beschäftigt, auch gestatten die zu anderen Zwecken angestellten Versuche kein entscheidendes Urtheil über diese Frage.

Ed. Weber gibt allerdings an, in einer der gegen Volkmann gerichteten Streitschriften über Muskelcontractilität, dass die Ermüdung nicht allein von der Dauer des thätigen Zustandes, sondern auch von der Grösse der Anstrengung wäh-

rend desselben abhängig sei, ein Satz, welchen auch Volkmann vollkommen anerkennt. Weber hat jedoch den experimentellen Nachweis dieses Satzes nicht geliefert. Von den Volkmann'schen Versuchen berücksichtigen nur die in seiner Abhandlung „Controle der Ermüdung in Muskelversuchen", in Reichert's u. Du Bois' Archiv für 1860, veröffentlichten den Einfluss verschieden starker Belastung auf die Ermüdung. In der angeführten Arbeit fand Volkmann, dass ein Muskel rascher ermüdet, wenn seine Belastung vermehrt wird und umgekehrt. Da nun die mechanische Arbeit bis zu einem gewissen Grade mit der Belastung zunimmt, so könnte diese raschere Ermüdung von grösserer Arbeitsleistung herrühren. Allein es sind eben keine weiteren Anhaltspunkte gegeben, um zu entscheiden, welcher Einfluss, der der Arbeitsleistung oder der der blossen Belastung, dabei der wesentliche ist.

Die bei tetanisirten Muskeln angestellten Versuche gestatten natürlich kein Urtheil über die Frage, weil, wenn der Muskel das Maximum seiner Contraction erreicht hat, keine mechanische Arbeit mehr geleistet wird und doch die Ermüdung fortschreitet.

Hält man jedoch die von Weber und Wundt gefundene Thatsache, dass auch bei tetanisirten Muskeln die Ermüdung eines stärker belasteten Muskels rascher erfolgt, als die eines schwach belasteten, zusammen mit dem ähnlichen Verhalten bei den Arbeitsversuchen, so könnte man geneigt sein, den Einfluss der Arbeitsleistung zu bezweifeln. In beiden Fällen bewirkt stärkere Belastung stärkere Ermüdung, aber nur in dem einen Falle wird Arbeit geleistet.

Wundt (Muskelbewegung S. 179 ff.) nimmt nur zwei Ermüdungseinflüsse an: den Einfluss der öfters wiederholten Verkürzung und den der Belastung; den Einfluss der Arbeitsleistung berücksichtigt er nicht. Er fand nämlich, dass auch die blosse Belastung ohne Uebergang in den thätigen Zustand den Muskel ermüdet. Dem widersprechend ist die Angabe von Harless (in einer in den Sitzungsberichten der math.-physikal. Classe der Münchener Akademie vom 12. Jan. 1861 veröffentlichten Arbeit: Ueber die Leistung, Ermüdung u. Erholung der Muskeln), dass Gewichte von 100 — 200 Grm. 4 — 6 Minuten lang an einen Muskel gehängt, denselben nicht wesentlich ermüden.

Betrachtet man die von Wundt gegebene Zeichnung der Zuckungscurven (Muskelbewegung S. 193. Fig. 20), so findet man, dass bei dem Muskel, nachdem er 15 Minuten lang im ruhenden Zustande mit 20 Grm. belastet worden war, zwar

öftere Zusammenziehungen in der gleichen Zeit erfolgten, dass aber seine Hubhöhen im Anfang viel kleiner geworden waren. Nach einer Anzahl von Zuckungen nehmen aber die Hubhöhen wieder bedeutend zu. Diese Zunahme lässt sich nicht wohl anders erklären, als durch die secundäre Modification, durch welche die Erregbarkeit erhöht wird, und welche damals noch nicht bekannt war. Vergleicht man die Zuckungen am Ende des ersten und zweiten Arbeitsverlaufes, die beide von der Modification ungefähr gleich stark beeinflusst sind, so zeigt sich, dass die Zuckungshöhen nur sehr geringe Unterschiede bieten.

Es ist daher sehr wahrscheinlich, dass die geringeren Hubhöhen nach der viertelstündigen Belastung daher rührten, dass die erhöhte Erregbarkeit des Muskels durch die Ruhe verschwunden war und sich erst nach wiederholter Reizung wieder einstellte. Es wird daher nicht überflüssig sein, über diesen Gegenstand nochmals messende Versuche anzustellen.

II. Versuchsmethode.

Wenn es sich nun darum handelt, experimentell den Einfluss der Arbeitsleistung auf die Ermüdung nachzuweisen, so müssen die Versuche so eingerichtet werden, dass alle Umstände möglichst gleich bleiben, während der Muskel das eine Mal Arbeit leistet, das andere nicht. Wollte man die Versuche an einem und demselben Muskel anstellen, so hätte man, wie bei den Weber'schen Versuchen, offenbar zur Vergleichung niemals das gleiche Versuchsobject; der Muskel wäre zuerst weniger, dann mehr ermüdet. Man thut daher weit besser, wenn man zur Vergleichung nicht einen, sondern die zwei gleichen Muskeln desselben Frosches nimmt.

Auch diese Methode hat jedoch ihre Unannehmlichkeiten; es kann der eine Muskel von Anfang an schwächer sein als der andere, oder er kann früher absterben, wodurch das Resultat des Versuches geradezu umgekehrt werden kann; denn das Absterben eines Muskels ist wohl von der Ermüdung desselben zu unterscheiden, und kennzeichnet sich besonders durch den Mangel der Erholung.

Es sind daher alle jene Versuche zu verwerfen, wo der eine oder beide Muskeln auffallend früh erschöpft waren und sich auch nicht mehr erholten, und um zu einem sicheren Resultate zu kommen, ist es nöthig, viele Versuche anzustellen, und darunter besonders diejenigen zu verwerthen, wo die Muskeln am kräftigsten waren und am längsten aushielten.

Man entgeht dem Einfluss des Absterbens, wenn man, wie Wundt bei seinen Elasticitätsversuchen, die Muskeln lebender Frösche untersucht. Hier ist die Ermüdung aber so langsam, dass sich ihr Verlauf sehr schwer beobachten lässt; ausserdem können auch Ungleichmässigkeiten entstehen durch den Blutlauf, der durch die Versuchsbedingungen bei dem einen Muskel erschwert, bei dem andern erleichtert sein kann. Gleichwohl wurden auch nach dieser Methode einige Versuche angestellt, um zur Vergleichung mit den anderen zu dienen.

Da es darauf ankommt, alle Bedingungen ausser der Arbeitsleistung möglichst gleich zu machen, so darf die Grösse des Reizes nicht verändert werden, sondern muss bei beiden Muskeln gleich sein, weil man durch Ungleichheit der Reizung eine neue veränderliche Grösse erhielte, deren Einfluss auf die Ermüdung noch nicht bekannt ist.

Es lässt sich daher die Grösse der Arbeit nur verändern durch Verschiedenheit der Widerstände. Diese lassen sich jedoch im weitesten Umfang variiren. Auser der Verschiedenheit der Arbeit erhält man aber bei Anwendung verschiedener Widerstände auch noch den Einfluss verschieden starker Dehnung auf die Ermüdung des Muskels. Es müssen daher, um den Einfluss der Dehnung zu erkennen, Controlversuche angestellt, oder die Versuche so angestellt werden, dass trotz verschiedener Arbeit die Dehnung gleich bleibt.

Um einen kräftigen Muskel zu heben, wandte ich immer den M. gastrocnemius des Frosches an, also die zwei Gastrocnemii beider Seiten. Der schräge Faserverlauf dieses Muskels, der ihn zu Dehnungsversuchen ungeeignet macht, kommt bei Arbeitsversuchen nicht weiter in Betracht. Die Muskeln wurden mit den Nn. ischiadicis herauspräparirt, durch das untere Ende des Oberschenkelknochens und durch die Sehne des Muskels je ein starkes stählernes Häkchen durchgestossen, an denen der Muskel am Apparat befestigt wurde.

Um die Gastrocnemii am lebenden Frosch zu benutzen, wurde dieser durch einen Schlag auf den Kopf betäubt, auf ein Bretchen festgebunden und die Nn. ischiadici oben am Becken mit Schonung der Blutgefässe durchschnitten. Sodann wurde unten an der Sehne die Haut ringsum getrennt, der Schnitt durch die Haut an der vordern Seite des Unterschenkels bis zum Knie verlängert und die Achillessehne mit Schonung der Blutgefässe durchschnitten. Alsdann konnte man den Gastrocnemius sammt der auf ihm sitzenden Haut ganz leicht von den übrigen Theilen des Unterschenkels isoliren. Nun wurden diese letzteren zusammen kurz unter dem Knie,

nach Abgang der Gefässe für den Gastrocnemius durch einen starken Faden unterbunden und unterhalb der Ligatur abgeschnitten. Die Fixation des oberen Endes des Muskels geschah durch eine an einem kurzen Stiel befindliche starke gezähnte Klemme, welche zusammengeschraubt das untere Ende des Oberschenkelknochens vollständig fixirte. Der Stiel der Klemme war in das Bretchen, worauf der Frosch befestigt war, eingeschraubt, und hielt den Muskel etwas von dem Bretchen entfernt, hinaus. Da in den Nerven auf diese Art nicht ebenso die Blutzufuhr erhalten werden kann, wurde der Muskel direct gereizt, indem die Elektroden mit den am obern und untern Ende des Muskels angebrachten Vorrichtungen verbunden wurden.

Die Methode der Bestimmung der Hubhöhen war die graphische; es wurden immer nur die Hubhöhen aufgezeichnet, die Form der Zuckungscurven wurde unberücksichtigt gelassen. Die Vorrichtung bei den ersten Versuchen, wobei ein Theil des Helmholtz'schen Myographiums und eine Kymographiumtrommel benutzt wurden, erwies sich als unzulänglich, ich construirte mir daher zu den späteren Versuchen einen besondern Apparat, an dem man zu gleicher Zeit die beiden Muskeln ihre Zuckungshöhen aufzeichnen lassen kann.

Die beiden Muskeln werden neben einander an einem Gestelle aufgehängt, das aus zwei starken eisernen Stangen (Taf. X. *a*, *a*) besteht, die in einen gusseisernen Fuss, *b*, eingeschraubt und oben durch einen Querbalken *c* verbunden sind. Weiter unten befindet sich ein zweiter Querbalken *d*, der zwei runde Oeffnungen hat, um den an die Muskeln gehängten Stahlstab, der unten die Gewichte trägt, durchzulassen.

Dieser Stahlstab *e*, *e* ist etwa 3 Mm. dick, oben und unten mit einem Häkchen zum Anhängen versehen. In seinem obern Theile ist in denselben eine feine Schraubenwindung eingeschnitten, in welcher zwei Schraubenmuttern *f*, *f* gehen, die sich also an dem Stab auf- und abschrauben lassen. Die Muttern sind grösser als die Oeffnungen in dem untern Querbalken des Gestells; die eine befindet sich ober- die andere unterhalb dieses Querbalkens: sie dienen dazu, die Ausdehnung und Zusammenziehung des Muskels beliebig zu verhindern.

Weiter unten befindet sich an dem runden Stahlstab eine Führung *g*, die aus einem hufeisenförmig gebogenen Stahldraht von gleicher Dicke besteht, dessen beide Schenkel zu beiden Seiten des in der Mitte befindlichen Stahlstabes parallel herablaufen. Die beiden Schenkel des Stahldrahtes gehen auf und ab in zwei etwas weiteren Löchern eines starken Zinkbleches *h*,

das an dem Gestell genau senkrecht unter dem Aufhängepunkt des Muskels befestigt ist. Diese Art von Führung ist mit wenig Reibung verbunden, sehr sicher, und verhütet sowohl die seitlichen Bewegungen als die Drehungen des an den Muskel gehängten Stabes.

Zwischen dieser Führung und dem Theile des Stabes, in dem die Schraube eingeschnitten ist, ist der zeichnende Stift *i* unmittelbar an den Stahlstab befestigt. Derselbe besteht aus einer heberförmig gebogenen sehr schwachen stählernen Feder, an deren unterem Ende eine feine Spitze sich befindet.

An dem Gestell sind nun auf beiden Seiten zwei Rähmchen *k* befestigt, in denen sich beruste Glasplatten *l* hin und her verschieben lassen. Nach jeder Zuckung wurde die beruste Glasplatte mit der Hand weiter geschoben, um eine neue Zuckungshöhe aufzeichnen zu lassen.

Am obern Theil des Gestells, wo die Muskeln aufgehängt sind, ist ein Glasgehäuse *m* angebracht, in dem durch nasse Schwämme die Luft mit Feuchtigkeit gesättigt wird. Die Belastung wurde in eine am unteren Ende des Stahlstabes befindliche Schale *n* gelegt. Die Nerven wurden auf einem gefirnissten Bretchen über die Elektroden *o*, *o* gelegt, die aus dünnen Kupferdrähten bestehen. Die Anordnung war dabei die, dass beide Nerven neben einander parallel quer über beide Elektroden gelegt wurden, so dass also die Stromdichte in beiden Nerven genau die gleiche war. Die Reizung der Nerven geschah durch einzelne Inductionsschläge, und zwar immer durch Schliessungsschläge, weil diese gleichmässiger sind als die Oeffnungsschläge. Die Inductionsschläge wurden erzeugt durch ein Daniell'sches Element, das möglichst constant erhalten wurde, und einen kleineren Du Bois'schen Schlittenapparat. Bei meinen späteren Versuchen wurde die Kette in regelmässigen Zwischenräumen durch ein Uhrwerk geschlossen, bei dem die Zahl der Reizungen von 20 — 60 und mehr in der Minute variirt werden konnte, und an dem eine Vorrichtung angebracht war, durch welche die Oeffnungsschläge abgeblendet und nach jeder Reizung die Stromesrichtung umgedreht wurde. Bei den früheren Versuchen wurde Kette und Nebenschliessung mit der Hand geöffnet und geschlossen in möglichst gleichen Zwischenräumen.

Die gezeichneten Hubhöhen wurden durch eine alkoholische Lösung von Mastix auf dem berussten Glase oder Papier fixirt und und mittelst eines in halbe Millimeter getheilten Massstabes und einer Loupe ausgemessen, auf welche Art sich noch ein $^{1}/_{20}$ Mm. schätzen lässt. Eine grössere Genauigkeit ist für

den vorliegenden Zweck nicht nothwendig. In einem Falle bei sehr starker Belastung wurden die Hubhöhen mit dem Mikroskop gemessen. Mittelst dieses Apparates liessen sich die Versuche leicht und sicher ausführen, es musste nur darauf gesehen werden, dass die Führung immer genau unter dem Aufhängepunkt des Muskels sich befand. Es konnte der Muskel leicht an jeder Verkürzung und an jeder Ausdehnung verhindert und zu jeder Zeit gleichzeitig die Hubhöhen beider Muskeln mit dem gleichen oder verschiedenen Gewichten verglichen werden.

Um entscheiden zu können, welcher Muskel früher ermüdet, wurden die Versuche immer so lange fortgesetzt, bis der eine oder beide Muskeln erschöpft waren. Man hat dann ausser dem Resultate, welcher von beiden Muskeln unter den Bedingungen des Versuchs früher erschöpft ist, noch den ganzen Ermüdungsverlauf beider Muskeln in Händen. Es lässt sich aus letzterem zugleich die Grösse der Gesammtarbeit des Muskels berechnen, wenn man alle einzelnen Hubhöhen addirt und mit der Belastung multiplicirt. Es ist dazu jedoch nicht nöthig, alle einzelnen Hubhöhen aufzeichnen zu lassen, sondern es genügt, dieselben in Pausen von 20 — 40 — 60 Inductionsschlägen zu beobachten, weil erst in diesen Zwischenräumen merkliche Differenzen auftreten. Zur Berechnung der Gesammtarbeit wird dann das Mittel aus je zwei Beobachtungen mit der Zahl der dazwischen liegenden Zuckungen vervielfacht, die erhaltenen Producte addirt und mit dem Gewichte multiplicirt. Die Reizung geschah, wie schon angeführt, durch Schliessungsschläge, die in Pausen von 2 — 3 Secunden wiederholt wurden. Um die von Wundt (Reichert's u. Du Bois Archiv 1859. S. 337 ff.) beschriebene secundäre Modification der Nerven, wobei die Erregbarkeit für den modificirenden Strom erhöht ist, zu vermeiden, wurde nach jeder Reizung die Stromesrichtung gewechselt, und deshalb auch die Hubhöhen bei beiden Stromesrichtungen aufgezeichnet.

Trotzdem zeigte sich fast in allen Versuchen eine Zunahme der Hubhöhen im Anfang des Arbeitsverlaufes, die nur durch eine Zunahme der Erregbarkeit durch die öfter wiederholte Reizung zu erklären ist.

III. Eigene Versuche.

Die erste Frage, die entschieden werden muss, ist die schon oben berührte, ob blosse Belastung eines ruhenden Muskels Ermüdung hervorbringt oder nicht.

Es wurden daher zwei Muskeln auf die oben angegebene Art aufgehängt, der eine eine Zeit lang belastet, der andere unbelastet gelassen und von Zeit zu Zeit ihre Hubhöhen verglichen. Die Versuche sind folgende:

Versuch I. Muskellänge 24 Mm.
Belastung 87 Grm.

Vergleichung der Hubhöhen	aufst.	abst. *)
Muskel 1)	3,2	3,1
Muskel 2)	3,85	4,25

Muskel 1) 1/4 Stunde lang mit 87 Grm. belastet,
Muskel 2) frei.

Vergleichung:		
Muskel 1)	2,1	2,15
Muskel 2)	2,55	2,65.

Beide Muskeln haben offenbar in ganz gleichem Verhältniss abgenommen.

Versuch II. Muskellänge 26 Mm.
Belastung 87 Grm.

1. Vergleichung der Hubhöhen im Anfang mit 40 Grm.

	aufst.	abst.
Muskel 1)	2,55	2,5
Muskel 2)	3,0	3,0

Muskel 1) 10 Minuten lang mit 87 Grm. belastet,
Muskel 2) frei, dann

2. abermalige Vergleichung mit 40 Grm.

Muskel 1)	1,95	2,0
Muskel 2)	2,0	2,0

Der belastete Muskel hat sogar verhältnissmässig weniger abgenommen als der nicht belastete.

Muskel 1) wieder 10 Minuten lang mit 87 Grm. belastet,
Muskel 2) frei.

3. Vergleichung mit 40 Grm.

Muskel 1)	1,4	1,5
Muskel 2)	1,6	1,55

Muskel 1) nochmals 10 Min. lang mit dem gleichen Gewicht belastet, Muskel 2) frei.

4. Vergleichung mit 40 Grm.

Muskel 1)	0,55	0,55
Muskel 2)	1,5	0,65

Beide Muskeln sind jetzt dem Absterben so nahe, dass sie nach 10 Zuckungen vollständig erschöpft sind.

---

*) aufst., abst., bedeutet aufsteigende und absteigende Stromesrichtung.

Dieser Versuch zeigt deutlich, dass die Belastung von 87 Grm., selbst sehr lange Zeit an den Muskel gehängt, den Verlauf des Absterbens nicht im Geringsten beschleunigt; die geringen Differenzen bei der letzten Vergleichung sind offenbar werthlos, weil beide Muskeln dem Absterben schon sehr nahe sind.

Eine Belastung von 87 Grm. bewirkt bei einem thätigen Muskel schon eine bedeutende Ermüdung. Um aber noch grössere Gewichte anwenden zu können und zugleich den Einfluss des Absterbens auszuschliessen, stellte ich weitere Versuche an lebenden Fröschen mit Erhaltung des Blutlaufes an.

Versuch III. am lebenden Frosch.
Muskellänge 26 Mm.
Belastung 250 Grm.

1. Vergleichung vor Beginn des Versuchs mit 40 Grm.

	aufst.	abst.
Muskel 1)	2,8	2,95
Muskel 2)	3,1	3,1

Muskel 1) 5 Min. lang mit 250 Grm. belastet, Muskel 2) frei.

2. Vergleichung mit 40 Grm.

Muskel 1)	3,25	3,3
	3,1	3,35
Muskel 2)	2,75	2,95.

Die Erregbarkeit des belasteten Muskels scheint sogar etwas gesteigert.

Muskel 2) 5 Min. lang mit 250 Grm. belastet, Muskel 1) frei.

3. Vergleichung mit 40 Grm.

Muskel 1)	3,05	3,1
Muskel 2)	2,95	3,05.

Nun wurde dieselbe Vergleichung bei beiden Muskeln ausgeführt, nachdem jeder 5 Min. lang mit 500Grm. belastet war.

Muskel 1) belastet		aufst.	abst.	
Hubhöhen	vor der Belastung	2,55	2,65	mit 40 Grm.
	nach der Belastung	2,85	2,95	
Muskel 2) belastet				
Hubhöhen	vor der Belastung	3,15	3,35	mit 40 Grm.
	nach der Belastung	3,1	3,05	

Auch bei diesem Versuch lässt sich durchaus kein wesentlicher Unterschied bei beiden Muskeln nachweisen, trotz der starken Belastung.

Versuch IV. am lebenden Frosch.
Muskellänge 26 Mm.
Belastung 50 Grm.

1. Hubhöhen mit 50 Grm. vor Anfang des Versuchs.

	aufst.	abst.
Muskel 1)	2,5	2,15
Muskel 2)	2,5	2,4

Muskel 1) 15 Min. lang mit 50 Grm. belastet, Muskel 2) frei.

2. Vergleichung mit 50 Grm.

Muskel 1)	2,55	2,5
	2,75	3,0
Muskel 2)	2,05	2,1.

Man könnte denken, diese Resultate seien nur für den unermüdeten Muskel gültig, der überhaupt langsamer ermüdet, während für den ermüdeten die Wundt'sche Angabe ihre Richtigkeit hätte. Folgender Versuch beweist aber das Gegentheil.

Versuch V. Die beiden Gastrocnemii eines lebenden Frosches, die durch anhaltende Arbeit stark ermüdet, aber noch nicht erschöpft waren, wurden zu diesem Versuche verwendet, nachdem sie sich während 5 Minuten erholt hatten.

Muskel 1) mit 130 Grm. belastet, seine Hubhöhen damit aufst. abst.
1,6 1,75

Muskel 1) wurde nun in Pausen von 3 Secunden mit 130 Grm. belastet gereizt, Muskel 2) nur mit 130 Grm. belastet, ohne Reizung. Muskel 1) nach 280 Inductionsschlägen vollständig erschöpft.

	aufst.	abst.
Muskel 2)	1,3	1,75.

Muskel 2) nochmals $^1/_4$ Stunde lang mit 130 Grm. belastet, und wieder seine Hubhöhen gezeichnet

1,5 2,1.

Dieser Versuch beweist, dass auch bei ermüdeten Muskeln selbst bedeutende Gewichte keine besonderen Ermüdungszuwüchse hervorbringen. Der blosse Einfluss der Belastung bringt also keine Ermüdung hervor, wenn der Muskel nicht im belasteten Zustande gereizt wird. Die Angabe von Harless findet sich daher vollkommen bestätigt.

Es handelt sich also jetzt darum, zu entscheiden, ob der Einfluss der Belastung bei arbeitenden Muskeln zum Theil von der Leistung mechanischer Arbeit herrührt oder nicht.

In den folgenden Versuchen wurde daher vorerst die Ermüdung zweier Muskeln verglichen, die sich sonst unter gleichen Bedingungen befinden, nur dass der eine Arbeit leistet, der andere nicht. Man kann aber die mechanische Arbeit eines

Muskels auf zweierlei Art = 0 machen; einmal dadurch, dass man die Widerstände, und zweitens dadurch, dass man die Verkürzung gleich Null macht. In beiden Fällen ist die mechanische Arbeit, das Product aus dem Gewicht in die Hubhöhe gleich Null. Es wurde daher zunächst die Ermüdung belasteter und unbelasteter Muskeln verglichen.

Die folgende Tabelle gibt eine Uebersicht über die darüber angestellten Versuche. Einige wenige Versuche wurden dabei unberücksichtigt gelassen, bei welchen der eine oder beide Muskeln frühzeitig abstarben. Es liess sich dies immer deutlich an der auffallend frühen Erschöpfung des unbelastet gereizten Muskels erkennen, der sich auch nachher nicht wieder erholte.

Vers.	Belastung in grm.	Zahl der Induct.schläge bis zur Erschöpfung. bei Muskel [1])	bei Muskel [2]) (nach Erschöpfung von M. [1]) mit dessen Gewicht belastet.	Differenz der Zahl der Ind.-Schläge.	Verhältniss der Zahl der Induct.-schläge von M.[2]) zu M.[1])	Summe der Arbeit in Mm. grm. bei M. [1])	bei M. [2])	Verhältniss von M. [1]) zu M. [2])
1	10	324	387	63	1,19	9349	261	35,7
2	20	413	671	258	1,62	29657	10179	2,91
3	33	295	498	203	1,68	26406	15505	1,7
4	33	520	1105	585	2,12	42488	10965	3,8
5	33	299	654	355	2,18	23953	14619	1,6
6	33	252	463	211	1,83	14100	14117	0,99
7	33	200	382	182	1,91	13110	9087	1,44
8	33	259	523	264	2,0	23484	16319	1,43
9	67	318	496	178	1,56	40526	20100	2,01
10	76	268	442	174	1,65	47778	17389	2,75
11	87	210	347	137	1,65	40035	14246	2,81
12	87	232	408	176	1,76	50274	28327	1,77
13	100	210	386	176	1,84	49242	32560	1,5
14	100	112	288	176	2,57	15015	10215	1,47
15	130	143	265	122	1,83	40144	24287	1,65
16	162	222	332	110	1,5	50103	13142	3,05
17	162	226	380	154	1,68	36814	16923	2,18
Versuch am lebenden Frosch.								
18	20 grm.	3238	3484	246	1,07	118089	8935	13,2

Die Tabelle enthält also die Anzahl der Inductionsschläge, welche nöthig waren, um den mit dem jedesmaligen Gewicht belasteten, und den zuerst unbelasteten, nach Erschöpfung des ersteren mit dem gleichen Gewicht arbeitenden Muskel zur Erschöpfung zu bringen, die Differenz und das Verhältniss beider Zahlen; ferner die ganze Summe der von beiden Muskeln bis zur Erschöpfung geleisteten Arbeit, und das Verhältniss der Arbeitssummen beider Muskeln. Die einzelnen Inductionsschläge folgten sich in Pausen von 3 Secunden.

Es ergeben sich aus der Tabelle folgende Resultate:

1) Unbelastet in kurzen Zwischenräumen gereizte Muskeln ermüden viel weniger als belastete gleich oft gereizte.

2) Die Ermüdung des unbelastet gereizten Muskels nach Erschöpfung des anderen ist so gering, dass derselbe mit dem gleichen Gewicht noch einen dem des ersten Muskels nahe kommenden Arbeitsverlauf hat, wenn er nach Erschöpfung des ersten mit dem gleichen Gewichte belastet und weiter gereizt wird. Die Zahl der Inductionsschläge, welche zur Erschöpfung des unermüdeten Muskels mit dem gleichen Gewicht nöthig sind, ist gewöhnlich grösser als für den ermüdeten; in einzelnen Versuchen (4, 8, 14) ist sie sogar kleiner, so dass der ermüdete Muskel länger mit dem gleichen Gewichte arbeitete, als der unermüdete. Dies lässt sich wohl nicht anders, als durch grössere Leistungsfähigkeit des zweiten Muskels erklären.

3) Auch die Gesammtarbeit des ermüdeten Muskels ist kleiner als die des nicht ermüdeten (nur in 1 Versuch [6] war sie etwas grösser).

Es zeigt sich also deutlich, dass selbst eine sehr oft in mässigen Pausen wiederholte Reizung einen unbelasteten Muskel nur sehr wenig ermüdet.

4) Vergleicht man die Unterschiede der Ermüdung des belasteten und unbelasteten Muskels in den verschiedenen Versuchen, wo verschiedene Belastung angewandt wurde, so zeigen sich hier viel geringere Verschiedenheiten. Das Verhältniss der Zahl der zur Erschöpfung nöthigen Inductionsschläge sowohl als das Verhältniss der Arbeitssummen zeigt bei einer Zunahme der Belastung von 20—160 Grm. keine wesentlichen Verschiedenheiten. Nur bei sehr kleinen Belastungen (10 Grm.) war die Ermüdung des zweiten Muskels im Verhältniss zu der des ersten beträchtlicher, so dass er nach Erschöpfung des ersten nur noch kurze Zeit Arbeit leistete. Es muss dies daher kommen, dass die Belastung von 10 Grm. so gering war, dass die Ermüdung dabei nur sehr langsam erfolgte, der zweite

Muskel daher als er zu arbeiten anfing, gleichfalls schon stark ermüdet war.

Es ergibt sich daher vor der Hand noch nebenbei das Resultat, dass Unterschiede der Belastung bei durch Inductionsschläge gereizten Muskeln jedenfalls nur geringere Unterschiede der Ermüdung hervorbringen, selbst in ziemlich weiten Grenzen, wenn die Gewichte eine gewisse, sehr niedrige Grenze (20 Grm.) überschritten haben.

Versuch 18 ist am lebenden Frosch unter dem Einfluss des Blutlaufes angestellt, und stimmt mit den anderen im Wesentlichen überein. Er zeichnet sich aus durch die viel langsamer fortschreitende Ermüdung; Muskel 1) in Versuch 18 hält fast 8 mal so lang aus als M. 1) in Versuch 2, der mit dem gleichen Gewicht belastet war. Da die Belastung von 20 Grm. für den lebenden Muskel verhältnissmässig geringer ist als für den ausgeschnittenen, so ist es erklärlich, dass der unbelastet gereizte Muskel nach Ermüdung des ersteren nur eine verhältnissmässig kurze Zeit noch Arbeit leistete.

Entwirft man Curven für den Verlauf der Ermüdung, indem man die Hubhöhen als Ordinaten und die Ordnungszahlen der Reizungen als Abscissen aufträgt, so zeigt sich, dass die Ermüdung anfangs langsam, dann viel rascher und zuletzt wieder langsamer fortschreitet. Es stimmt dies überein mit den von Weber und Wundt an tetanisirten Muskeln gefundenen Resultaten.

In Tafel XI stellt *ab* den Arbeitsverlauf eines frischen, *a, b,* eines ermüdeten mit 33 Grm. belasteten Muskels dar; *cd* u. *c, d,* den Arbeitsverlauf zweier mit 162 Grm. belasteter Muskeln, *cd* für den frischen, *c, d,* für den ermüdeten Muskel. Vergleicht man die Curven, welche dem Ermüdungsverlauf des frischen und dem des ermüdeten Muskels angehören, so zeigt sich Folgendes: Bei geringer Belastung ist beim ermüdeten Muskel die langsame Zunahme der Ermüdung im Anfang viel kürzer oder fällt ganz weg, das Stadium der zunehmenden Geschwindigkeit tritt daher früher ein, erreicht aber auch rascher sein Ende; die Zeit der abnehmenden Geschwindigkeit am Ende des Arbeitsverlaufes ist dagegen etwas länger. Der ganze Arbeitsverlauf ist etwas kürzer als beim nicht ermüdeten Muskel.

Bei stärkerer Belastung ist die langsamere Zunahme der Ermüdung im Anfang gleichfalls kürzer, die Zeit der zunehmenden Geschwindigkeit dagegen verlängert, und die der abnehmenden Geschwindigkeit am Ende und dadurch auch der ganze Arbeitsverlauf bedeutend verkürzt. Beim ermüdeten,

stark belasteten Muskel wird daher die zunehmende Geschwindigkeit noch früher eintreten, das Stadium der abnehmenden Geschwindigkeit dagegen wieder verhältnissmässig länger werden. Der Arbeitsverlauf wird bei diesem am kürzesten sein, was Alles durch die Beobachtung bestätigt wird.

Vergleicht man diese Angaben mit den von Wundt (Muskelbewegung S. 82 ff.) angeführten Resultaten, so zeigt sich darin eine interessante Uebereinstimmung, die deshalb merkwürdig ist, weil die Resultate auf ganz verschiedenem Wege erhalten wurden. Er fand, dass gleichfalls bei geringer Belastung die zunehmende Geschwindigkeit der Ermüdung viel kürzer dauert beim ermüdeten als beim nicht ermüdeten Muskel und dass bei ersterem der ganze Arbeitsverlauf kürzer ist; dass ferner beim stärker belasteten nicht ermüdeten Muskel der Zeitraum der zunehmenden Geschwindigkeit verlängert, der der abnehmenden verkürzt ist, und dass endlich der Ermüdungsverlauf des stärker belasteten ermüdeten Muskels zwischen dem des schwächer belasteten ermüdeten und des stärker belasteten unermüdeten Muskels die Mitte hält. Der einzige Unterschied dabei ist der, dass bei meinen Versuchen beim stark belasteten frischen Muskel die langsame Zunahme im Anfang nur kurz, bei Wundt dagegen ziemlich lange anhielt. Es erklärt sich dies höchst wahrscheinlich dadurch, dass ich viel stärkere Belastungen (130—250 Grm.) anwandte, während bei Wundt die Belastung ausser dem Apparat nur 20 Grm. betrug.

Die andere Art, wie die Arbeitsleistung eines Muskels gleich Null gemacht werden kann, ist die Verhinderung seiner Zusammenziehung. Man erreicht diese, indem man den Muskel so befestigt, dass er sich auf keine Weise verkürzen kann. Man kann jedoch durch einen einfachen in der Längsrichtung des Muskels wirkenden Widerstand nicht jede Formänderung desselben verhindern. Man beobachtet besonders beim Gastrocnemius, der einen schrägen Faserverlauf hat, immer noch eine Bewegung beim Uebergang in den thätigen Zustand und gewöhnlich eine geringe Axendrehung. Da es aber nur darauf ankommt, die Arbeitsleistung zu verhindern, so sind diese Bewegungen wohl von keinem Belang, und jedenfalls ist die etwaige mechanische Arbeit so gering, dass sie ohne grossen Fehler vernachlässigt werden kann. Wenn die Ermüdung etwas weiter vorgeschritten ist, werden diese Bewegungen auch nicht mehr beobachtet. Man kann den Muskel nun in sehr verschiedenen Graden der Dehnung befestigen, ihn entweder von Anfang an gar nicht spannen, oder eine geringe oder starke Dehnung ausüben. Um den Einfluss der Dehnung zu um-

gehen, wurde der Muskel immer durch das gleiche Gewicht, welches der andere Muskel zu heben hatte, gedehnt und dann die Schraube so gestellt, dass jede Zusammenziehung unmöglich war. Während des Versuchs dehnt sich der befestigte Muskel noch beträchtlich aus, man muss daher immer mit der Schraube nachgehen, damit niemals eine geringe Verkürzung stattfinden kann.

Man kann dem Einfluss der Dehnung auch dadurch entgehen, dass man sie gänzlich zu vermeiden sucht. Wenn man vor dem Uebergang in den thätigen Zustand den arbeitenden Muskel unterstützt und den anderen in seiner natürlichen Länge befestigt, könnte man glauben, diesen Zweck zu erreichen. Allein beide erfahren bei jedem Uebergang in den thätigen Zustand eine Dehnung, die eine bleibende Verlängerung hervorbringt und die bei beiden ganz verschieden sein kann. Diese bleibende Dehnung erfordert ein öfteres Herabschrauben der Unterstützung während der Dauer des Versuchs, deren Grösse sich nicht immer genau abmessen lässt, so dass der Muskel bald mehr, bald weniger gespannt ist. Da ferner durch das zuerst angeführte Moment eine Vermeidung der Dehnung doch nicht möglich ist, sondern der Versuch dazu nur zu einer Ungleichmässigkeit derselben bei beiden Muskeln führt, zog ich die erstere Methode vor, wobei beide Muskeln nicht unterstützt, sondern auch während der Ruhe durch das gleiche Gewicht gedehnt sind; bei der schon bestehenden starken Dehnung durch das Gewicht werden sich etwaige Ungleichmässigkeiten der Dehnung während der kurzen Dauer des thätigen Zustandes weniger geltend machen.

Ehe ich jedoch zur Vergleichung der Ermüdung belasteter und befestigter Muskeln übergehe, muss ich vorher die Resultate einiger anderer Versuche mittheilen, bei welchen der eine Muskel unbelastet, der andere befestigt gereizt wurde. In beiden Fällen wird keine Arbeit geleistet; wenn daher, wie zu erwarten steht, trotzdem Ungleichmässigkeiten der Ermüdung bei beiden Muskeln auftreten, so können diese Versuche nachweisen, ob bei der Befestigung die Verhinderung der Arbeitsleistung oder der Widerstand gegen die Verkürzung die wesentlichste Ermüdungsursache ist.

Vergleichung der Ermüdung unbelastet und befestigt gereizter Muskeln.

Um möglichst die Dehnung vor der Zusammenziehung gleich zu erhalten, wurde der befestigte Muskel so wenig als möglich gespannt. Nach Vergleichung der Hubhöhen beider Muskeln

mit 20 Grm. wurden beide Muskeln unter den angegebenen Bedingungen gereizt, die Zwischenpausen zwischen den Reizungen waren 3 Secunden. Von Zeit zu Zeit wurde die Befestigung gelöst und die Hubhöhen bei beiden Stromesrichtungen aufgezeichnet.

Versuch 1. Muskellänge 25 Mm.

Vergleichung der Hubhöhen mit 20 Grm.

	bei aufsteigender	absteigender
	Stromesrichtung	
Muskel 1)	3,6	4,5
Muskel 2)	4,3	4,5

Nach 300 Ind.schlägen	aufst.	abst.
M. 1) der befestigt war	0	0
M. 2) der unbelastet zuckte,	3,45	3,3
Nach 366 Ind.schlägen	0	0

Versuch 2. Muskellänge 29,5 Mm.

Vergleichung der Hubhöhen mit 20 Grm.

	aufst.	abst.
Muskel 1)	3,75	6,5
Muskel 2)	5,3	5,5

Muskel 1) befestigt
Muskel 2) unbelastet

nach 460 Ind.schlägen		
Muskel 1)	0	0
Muskel 2)	1,5	5,15
nach 766 Ind.schlägen		
Muskel 2)	0	0

Versuch 3. Muskellänge 26 Mm.

Vergleichung der Hubhöhen mit 20 Grm.

	aufst.	abst.
Muskel 1)	4,5	4,6
Muskel 2)	4,5	5,7

Muskel 2) befestigt, nicht gelöst, bis Muskel 1) erschöpft ist.

Muskel 1) nach 470 Inductionsschlägen,

Muskel 2) zuckt, als er jetzt von der Befestigung befreit wird, nicht im Geringsten mehr, ist wahrscheinlich schon längst erschöpft.

Stellt man die Resultate dieser Versuche zusammen, so hat man:

Versuch.	Zahl der zur Erschöpfung nöthigen Ind.schläge beim befest. Muskel.	beim unbel. Muskel.	Differenz.	Verhältniss.
1	300	366	66	1,22
2	460	766	306	1,66

Es zeigt sich aus diesen Versuchen, besonders aus Versuch 2), dass trotzdem, dass beide Muskeln keine Arbeit leisteten, die Ermüdung desjenigen, dessen Verkürzung verhindert war, viel rascher erfolgte, als die des anderen, der sich frei zusammenzog. Die Unterschiede sind nahezu so bedeutend, als die zwischen arbeitenden und unbelastet zuckenden Muskeln auftreten. Diese Versuche beweisen daher, dass jedenfalls die Verhinderung der Verkürzung bei den Arbeitsversuchen einen sehr grossen Theil der Ermüdung verursacht, und dass daher der Einfluss der Arbeitsleistung nur ein geringerer sein kann.

Mit diesen Resultaten stimmt auch das von Harless in der oben angeführten Arbeit gefundene überein, dass tetanisirte Muskeln, denen jede Formveränderung unmöglich gemacht ist, sehr rasch ermüden.

Es handelt sich nun wesentlich darum, nachzuweisen, ob ausser den Widerständen bei der Zusammenziehung auch noch die Leistung mechanischer Arbeit die Ermüdung beschleunigt. Wenn nur die Grösse der Widerstände die Raschheit des Ermüdungsverlaufes bestimmte, so müssten alle andere Umstände gleich gesetzt, die befestigten Muskeln immer am raschesten ermüden. Wenn sich dies letztere nicht als Resultat der Versuche herausstellt, so kann auch noch die Arbeitsleistung als Ermüdungsursache aufgefasst werden.

Es wurde daher in einer weiteren Anzahl von Versuchsreihen die Ermüdung befestigter Muskeln mit der belasteter verglichen. Bei meinen früheren Versuchen schien die Ermüdung befestigter Muskeln zwischen der schwach und stark belasteter mitten inne zu stehen. Da die Zahl der Versuche aber nur eine geringe und auch die Grösse der Belastung nicht weit genug gesteigert war, wurde über diesen Punkt noch eine weitere Anzahl von Versuchen angestellt, die in der folgenden Tabelle zusammengestellt sind. Es waren dabei beide Muskeln während des Ruhezustandes und der latenten Reizung durch gleich starke Gewichte gedehnt; der eine war an der Zusammenziehung gehindert, konnte also keine Arbeit leisten, der Widerstand, den er während des Stadiums der steigenden Energie erfuhr, war aber offenbar grösser als vorher und als bei dem anderen Muskel; der letztere leistete dagegen Arbeit. Einige Versuchsreihen wurden bis zur vollständigen Erschöpfung beider Muskeln fortgesetzt; andere, meist bei kräftigeren Muskeln und geringerer Belastung, nur so lange bis beide Muskeln sehr stark ermüdet waren und die Ermüdung sehr langsam fortschritt. Gewöhnlich wurden zu Ende des Versuchs die Hubhöhen beider Muskeln ausser der gewöhnlichen noch mit

stärkerer oder schwächerer Belastung verglichen, zuweilen geschah dies auch vor Beginn des Versuchs. Die Pausen zwischen den einzelnen Inductionsschlägen betrugen gewöhnlich 2 Secunden.

Versuchs-Zahl.	Belastung in grm.	Vergleichung der Hubhöhen im Anfang des Versuchs: beim befestigten Muskel		beim belasteten Muskel		Zahl der Induct-Schläge bis zur Erschöpfung: beim befestigten Muskel.	beim belasteten Muskel.	Differenz.	Belast. in grm.	Vergleichung der Hubhöhen zu Ende des Versuchs: beim befestigten Muskel.		beim belasteten Muskel.	
		aufst.	abst.	aufst.	abst.								
1	36	2,55	2,4	1,85	2,7	840	840	0	36	0,1	0,1	0,1	0,1
2	36	3,15	2,7	2,6	3,15	370	370	0	—	—		—	
3	66	3,2	3,0	3,5	2,0	300	347	+ 47	66	0	0	0,1	0,05
4	76	1,7	0,65	1,4	1,4	780	780	0	76	0,05	0,05	0,05	0,05
5	76	1,25	1,25	1,6	0,75	337	317	— 20	76	0,5	0	0,1	0,15
6	76	1,9	1,9	2,1	2,0	150	150	0	76	0,05	0,05	0,05	0,05
7	96	1,9		2,2		240	244	+ 4	36	0,5		1,0	
8	116	2,15		1,9		360	382	+ 22	36	0		0,25	
9	316	0,95	0,65	0,85	0	380	> 380	+ X	66	0,05	0,05	0,75	0,75
10	316	1,87		1,5		281	280	— 1					
		(mit 76 grm.)											
11	416	0,5	0	0,5	0	180	190	+ 10	196	0,05	0,05	0,35	0,25
12	516	0,85	0	0,6	0,5	410	390	— 20	516	0,1	0,15	0,05	0
13	516	0,6	0,3	0,6	0,45	340	340	0	216	0,5	0	0,4	0,05
14	516	0,25	0	0,4	0	320	320	0	76	1,5	1,65	1,0	1,15
		(mit 516 grm.)											
		1,35	0,8	1,4	0								
		(mit 76 grm.)											
15	516	0,6	0,4	0,5	0,4	183	173	— 10	296	0,35		0,25	
16	516	0,55	0,5	0,4	0	180	260	+ 80	516	0,05	0,1	0,15	0
17	516	0,9	0,55	0,4	0,45	116	120	+ 4	116	0,9		1,4	
18	516	0,5	0,35	0,4	0,15	132	108	— 24	516	0,15	0,1	0,05	0,05
19	516	0,3	0,25	0,45	0,15	> 130	130	— X	116	0,9	0,65	0,75	0,8
20	516	0,5		0,5		206	180	— 26	516	0,3		0	
21	816	—		—		85	81	— 4	816	0,09		0,07	

Untersucht man zunächst die mit geringerer Belastung angestellten Versuche (26 — 70 Grm.), so zeigt sich, dass hier keine irgend nennenswerthen Verschiedenheiten der Ermüdung auftreten. Die Zahl der Inductionsschläge bis zur Erschöpfung ist immer gleich oder annähernd gleich, die geringen Unterschiede bei Vers. 3, 5, 7, 8 treten in entgegengesetztem Sinne auf, auch die kleinen Differenzen der Hubhöhen zu Ende des Versuchs mit geringerer Belastung zeigen keine constante Richtung. Im Gegentheil bei denjenigen Versuchen, wo die Muskeln am längsten aushalten, verläuft die Ermüdung am gleichmässigsten bei beiden Muskeln. Da aber der befestigte Muskel während der Dauer der Zusammenziehung einen viel grösseren Widerstand zu erleiden hat als der nicht befestigte und trotzdem nicht schneller ermüdet, so kann die Steigerung der Widerstände während des Stadiums der Zuckung keinen wesentlichen Einfluss auf die Ermüdung ausüben, sondern es scheint die Grösse der Ermüdung bei durch Inductionsschläge gereizten Muskeln nur von der vor der Zusammenziehung und während des Stadiums der latenten Reizung bestehenden Dehnung abzuhängen. Dies widerstreitet durchaus nicht dem früher gefundenen Resultate, dass blosse Belastung keine Ermüdung hervorbringt; es kann, wenn die Belastung an sich auch keinen Einfluss auf die Ermüdung hat, doch die dadurch erzeugte Dehnung beim Uebergang in den thätigen Zustand auf die Grösse der Ermüdung von Einfluss sein. Es scheint daher, dess ein Muskel beim Uebergang in den thätigen Zustand um so mehr ermüdet, je stärker er vorher und während der latenten Reizung gedehnt war, dass aber eine Zunahme der Widerstände während des Stadiums der Zuckung nur einen geringeren Einfluss auf die Ermüdung ausübt.

Bei höheren Belastungen treten in der Tabelle etwas stärkere Differenzen auf. Unter den 9 Versuchen mit 516 Grm. ermüdete in 5 Fällen der arbeitende Muskel etwas früher, in 2 Fällen, die zu denen gehören, wo beide Muskeln am längsten aushielten, war kein wesentlicher Unterschied, und in 2 Fällen ermüdete umgekehrt der befestigte Muskel früher. Wenn man bedenkt, dass so hohe Belastungen minder kräftige Muskeln vielleicht doch durch die starke Dehnung dauernd verändern konnten, was aber nicht als Ermüdung angesehen werden darf, so können die angegebenen Verschiedenheiten gewiss nur als zufällige betrachtet werden. Es scheint, dass auch hier die Grösse der Ermüdung hauptsächlich von der Dehnung im Beginn der Zusammenziehung abhing.

Bei den Versuchen mit stärkerer Belastung musste sich

der Einfluss mechanischer Arbeitsleistung am deutlichsten zu erkennen geben. Die Belastung ist hier so stark, dass ihr Zuwachs während der Dauer des thätigen Zustandes beim befestigten Muskel verhältnissmässig unbedeutend ist, so dass beide Muskeln sich ausser der Arbeitsleistung unter annähernd gleichen Bedingungen befinden. Wie oben schon angeführt, war es mir nach einigen Versuchen wahrscheinlich geworden, dass bei starker Belastung die Ermüdung des arbeitenden Muskels etwas rascher verläuft als die des befestigten. Nach einer Zusammenstellung aller Versuche glaube ich aber nur zu dem Schlusse berechtigt zu sein, dass die Leistung mechanischer Arbeit jedenfalls keine erhebliche Beschleunigung der Ermüdung hervorrufen kann, dass aber über geringe Differenzen meine Versuche kein Urtheil erlauben.

Es ist interessant, zur Vergleichung auch Versuche an tetanisirten Muskeln unter den gleichen Bedingungen anzustellen. Hierbei wird der befestigte Muskel während des thätigen Zustandes gleichfalls viel stärker gedehnt als der belastete, und zwar ist die Dehnung constant stärker, weil der thätige Zustand ein constanter ist; bei dem nur belasteten, nicht befestigten Muskel ist die Dehnung constant geringer, die Arbeitsleistung fällt jedoch bei beiden hinweg. Es lässt sich daher erwarten, dass der befestigte Muskel immer früher ermüden werde als der belastet tetanisirte, was auch durch die Versuche bestätigt wurde.

a) Beide Muskeln vor der Zusammenziehung durch das gleiche Gewicht gedehnt.

Vers.	Belast. in Grm.		Hubhöhen 1.	2.	3.	4.	5.
1.	60	bel. M.	5,15	3,75	2,0	0,8	
		bef. M.	4,75	4,5	1,6	0,4	
2.	200	bel. M.	5,5	4,95	2,0	0,45	0,1
		bef. M.	6,0	5,5	2,45	0,25	0,05
3.	500	bel. M.	3,75—2,95	1,0	0,55	0,2	0
		bef. M.	5,4 —3,25	0,5	0,1		

b) Beide Muskeln vor der Zusammenziehung unterstützt.

			Hubhöhen 1.	2.	3.	4.	5.	6.
4.	60	bel. M.	7,0	6,05	5,6	2,15	1,35	0,75
		bef. M.	7,55	3,0	3,0	1,6	1,15	
5.	200	bel. M.	3,1	2,75	2,1	1,6	0,55	
		bef. M.	3,4	2,2	2,0	0,75	0,05	
6.	500	bel. M.	1,3	0,5	0,3	0,1		
		bef. M.	1,3	0,5	0,35			

Die in den Rubriken 1)—6) verzeichneten Zahlen bedeuten die Hubhöhen in den verschiedenen Zeiten des Versuchs, nachdem jedesmal beide Muskeln unter den angegebenen Bedingungen gleich lang, aber nicht bis zur Erschöpfung tetanisirt worden waren. Zur Vergleichung wurden die Muskeln nur so lange tetanisirt, bis sie das Maximum der Zusammenziehung erreicht hatten.

Man sieht, dass unter allen Bedingungen der fixirte Muskel am meisten ermüdet, wie dies zu erwarten war.

Es wurde oben angeführt, dass bei durch Inductionsschläge gereizten Muskeln die Ermüdung wahrscheinlich nur von der Dehnung im Beginn der Zusammenziehung abhänge. Es müssten dann Muskeln, welche durch verschiedene Gewichte gedehnt, aber beide an der Zusammenziehung verhindert sind, ebenfalls verschieden rasch ermüden. Ein über diesen Punkt angestellter directer Versuch bestätigt dies; bei anderen zeigten sich vielleicht wegen frühzeitigem Absterben des einen Muskels gerade umgekehrte Differenzen. Die Zahl der Versuche ist aber zu klein, als dass sie beweisend sein könnten. Es müssten dann ferner Muskeln, welche verschiedene Gewichte heben, aber vor der Zusammenziehung unterstützt sind, ungefähr gleich rasch ermüden. Einige darüber angestellte Versuche zeigen, dass jedenfalls keine grossen Differenzen dabei auftreten, es wurde aber versäumt, jedesmal den mit dem stärkern Gewicht arbeitenden Muskel zu Ende des Versuchs mit dem schwächeren Gewicht seine Hubhöhe aufzeichnen zu lassen, so, dass auch diese Versuche ziemlich werthlos sind. Ich kann daher die Angabe, dass die Ermüdung verschieden belasteter Muskeln hauptsächlich von der Dehnung vor der Zusammenziehung abhängig sei, noch nicht als sichergestellt ansehen. Jedenfalls beweist aber die zuletzt mitgetheilte Tabelle, dass der Einfluss der Arbeitsleistung nur unbedeutend sein kann.

Es bleibt nun noch übrig, die Ermüdung verschieden stark belasteter Muskeln zu untersuchen. Es muss hierbei der Einfluss der Belastung und der der Arbeitsleistung auseinander gehalten werden. Untersucht man die Belastung, bei welcher das Maximum der Arbeit vom Gastrocnemius geleistet wird, so findet man, dass dieselbe ziemlich bedeutend ist. Die Arbeitsgrössen der zu den späteren Versuchen verwendeten Muskeln, die mit gleichem Gewicht annähernd gleiche Hubhöhen gaben, mit verschieden grossen Gewichten waren im Beginn des Versuches folgende:

Vers.	Arbeitsgrösse im Anfang des Versuchs. 1) mit dem kleineren Gewicht Belastung	Arbeit	2) mit dem grösseren Gewicht Belastung	Arbeit	Verhältn. von 2:1.	Mittel
1.	28 Grm.	193 Mmgrm.	130 Grm.	445 Mmgrm.	2,3	2,05
2.	28 „	291 „	130 „	552 „	1,8	
3.	28 „	196 „	180 „	630 „	3,2	3,7
4.	28 „	108 „	180 „	558 „	5,1	
5.	28 „	97 „	180 „	351 „	3,6	
6.	28 „	102 „	180 „	342 „	3,3	
7.	28 „	102 „	180 „	351 „	3,4	
8.	28 „	91 „	254 „	298 „	3,2	2,95
9.	28 „	128 „	254 „	355 „	2,7	
10.	28 „	121 „	515 „	58 „	0,48	
11a.	36 „	70 „	76 „	177 „	2,5	2,65
11b.	36 „	59 „	76 „	159 „	2,8	
12a.	76 „	148 „	516 „	451 „	3,0	2,65
12b.	76 „	131 „	516 „	542 „	4,1	
13a.	76 „	139 „	516 „	300 „	2,1	
13b.	76 „	160 „	516 „	225 „	1,4	
15a.	316 „	517 „	516 „	300 „	0,58	0,62.
15b.	316 „	577 „	516 „	385 „	0,66	

Man sieht aus dieser Tabelle, dass die Arbeitsgrösse mit der Belastung bis 180 Grm. steigt, und zwar im Anfang schneller als später, wie Versuch 11 beweist, dass sie von 180 Grm. an wieder abnimmt, dass sie aber bei 500 Grm. zwar kleiner als bei 300 Grm,, aber noch grösser als bei 76 Grm. ist.

Da die früheren Versuche zeigten, dass Verschiedenheiten der Belastung keine grossen Unterschiede in der Ermüdung bedingen, so wurden zunächst einige Versuche mit grossen Unterschieden der Belastung, und mit geringer Belastung des einen Muskels angestellt, später einige andere, wobei die Unterschiede weniger gross waren.

Folgende Tabelle enthält eine Uebersicht über die ersten 10 Versuche, wobei grössere Differenzen der Gewichte angewandt wurden.

Versuch	Belastung. M. 1)	Belastung. M. 2)	Zahl der Induct.-Schläge bis zur Erschöpfung. M. 1)	M. 2)	Differenz.	Summe der geleisteten Arbeit in Mm. grm. M. 1)	M. 2)	Verhältn. Zahl von 2:1	Mittel.
1	28	136	328	220	108	22195	33098	1,5	1,57
2	28	136	286	242	44	37623	61762	1,64	
3	28	130	232	174	58	18113	25794	1,42	
4	28	180	238	172	66	15001	48580	3,24	
5	28	180	338	164	174	12175	22321	1,83	2,27
6	28	180	184	172	12	14493	34108	2,35	
7	28	180	218	172	46	14891	37541	2,52	
8	28	254	264	198	66	11581	27311	2,37	
9	28	254	308	220	88	22088	29477	3,34	1,85
10	28	515	286	156	130	13198	2339	0,177	

Muskel 2) war gewöhnlich am Ende seines Arbeitsverlaufes vollständig erschöpft, und zuckte auch mit schwächeren Gewichten nicht mehr, nur in Vers. 7, 9, 10 noch kurze Zeit mit 29 Grm., was in der angeführten Zahl mit einbegriffen ist.

Die anderen Versuche wurden nicht bis zur völligen Erschöpfung fortgesetzt, sondern dabei mehr die Hubhöhen mit verschiedenen Gewichten verglichen.

Versuch 11.

M. 1) 36 Grm.				M. 2) 76 Grm.			
36 Grm.		76 Grm.		36 Grm.		76 Grm.	
aufst.	abst.	aufst.	abst.	aufst.	abst.	aufst.	abst.
3,5	2,75	2,95	0,1	2,95	2,35	2,65	0,2
nach 240 Ind.schlägen							
3,0	2,8	2,75	0,1	2,75	2,05	2,5	1,6
nach 360 Ind.schlägen							
2,0	1,75	1,45	1,2	1,0	0,5	0,4	0,35
nach 480 Ind.schlägen							
0,9	0,6	0,8	0,5	0,4	0,25	0,15	0,2
nach 600 Ind.schlägen							
0,4	0,15	0,2	0,1	0,1	0,05	0,05	0,05
nach 660 Ind.schlägen							
0,1	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05	0,05	0,05

Versuch 12.

Musk. 1) mit 76 Grm. arbeitend. Musk. 2) mit 516 Grm. arbeitend.

Länge 29 Mm. Hubhöhen.

mit 76 Grm.		mit 516 Grm.		mit 76 Grm.		mit 516 Grm.	
aufst.	abst.	aufst.	abst.	aufst.	abst.	aufst.	abst.
2,0	1,9	1,0	0,75	1,95	1,5	1,1	1,0
nach 60 Ind.schlägen							
2,45	2,5					0,6	0,6
nach 120 Ind.schlägen							
2,5	2,4					0,5	0,5
nach 230 Ind.schlägen							
2,05	1,95			0,7	0,45	0,1	0,1
nach 250 Ind.schlägen							
1,5	0,85	0,1	0,1	0,5	0,5	0,05	0,05
nach 270 Ind.schlägen							
		0,05	0,05			0	0

Versuch 13.

Muskel 1) mit 76 Grm. arbeitend				Muskel 2) mit 516 Grm. arbeitend			
mit 76 Grm.		mit 516 Grm.		mit 76 Grm.		mit 516 Grm.	
aufst.	abst.	aufst.	abst.	aufst.	abst.	aufst.	abst.
3,25	2,4	0,45	0,65	3,0	2,65	0,45	0,5
nach 300 Ind.schlägen							
1,4	1,25	0,05	0,05	1,4	1,5	0,05	0,05
nach 20 Ind.schlägen sind beide Muskeln für 500 Grm. ermüdet, Muskel 2) mit 160 Grm. belastet							
nach 460 Ind.schlägen							
0,45	0,2			0,1	0,2		
mit 20 Grm.				mit 20 Grm.			
0,75	0,6			0,6	0,6		

Versuch 14.

Muskel 1) mit 16 Grm. arbeitend		Muskel 2) mit 36 Grm. arbeitend	
Hubhöhen mit 36 Grm.			
aufst.	abfst.	aufst.	abst.
1,7	2,0	2,1	2,1
nach 420 Ind.schlägen			
2,25	2,25	1,4	1,35
nach 630 Ind.schlägen			
mit 36 Grm.		mit 36 Grm.	
0,7	1,2	0,25	0,2
beide jetzt mit 36 Grm. belastet, weiter gereizt			
nach 960 Ind.schlägen			
0,15	0,1	0	0
nach 1200 Ind.schlägen			
0,1	0,1	0	0
Versuch wird unterbrochen.			

Es zeigt sich, dass bei grossen Differenzen der Belastung der stärker belastete Muskel immer beträchtlich früher ermüdet und dass wenn er für das stärkere Gewicht erschöpft ist, er auch kleinere Gewichte nur noch sehr kurze Zeit zu heben im Stande ist.

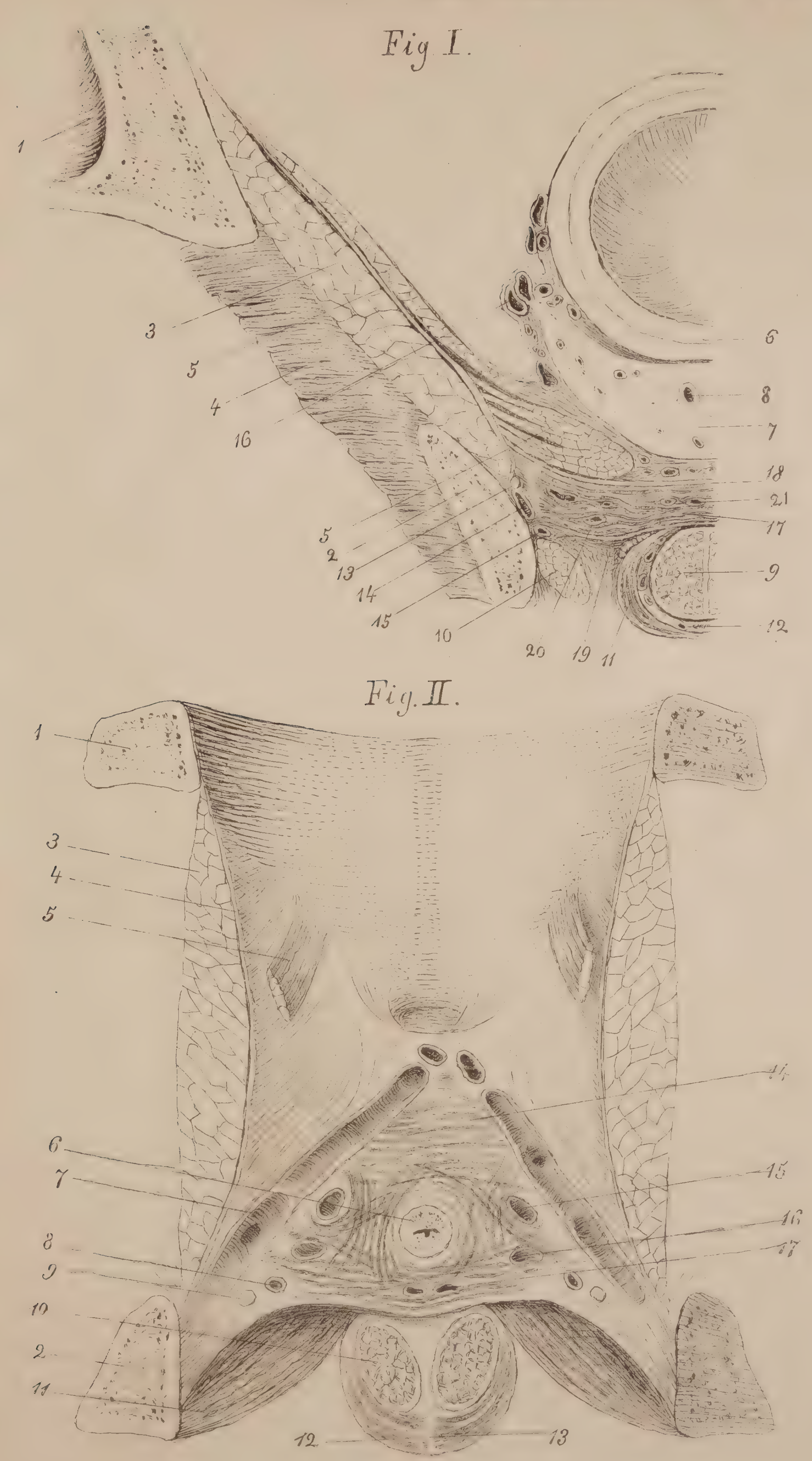
Die letzten Versuche 10, 12, 13, 14 waren mit geringeren Differenzen der Gewichte angestellt; auch hier ermüdet der stärker belastete Muskel rascher. Vergleicht man sehr niedrige Gewichte (16 Grm.) mit etwas höheren (36 Grm.), so liefert gleichfalls der schwächer belastete noch einen Arbeitsverlauf nach Erschöpfung des anderen; sind aber beide Gewichte höher, z. B. 36 und 70, so ist der Unterschied in der Zeit der Erschöpfung gering, die raschere Ermüdung des einen Muskels zeigt sich aber doch in der rascheren Abnahme der Hubhöhen mit dem gleichen Gewichte. Die Ermüdung muss daher mit zunehmenden Gewichten zuerst rascher, dann viel langsamer zunehmen, bei 516 Grm. ist sie grösser als bei 76 Grm. (Vers. 12, 13) und viel grösser als bei 28 Grm. (Vers. 10).

Dies wird auch bewiesen durch die Vergleichung der Gesammtarbeit beider Muskeln mit der Anfangsarbeit; das Verhältniss der Gesammtarbeit des stärker belasteten Muskels zu der des schwächer belasteten ist immer kleiner als das gleiche Verhältniss für die Anfangsarbeit; es kommt dies daher, dass die Gesammtarbeit des erstern Muskels durch die raschere Ermüdung mehr verringert wird als die des letzteren.

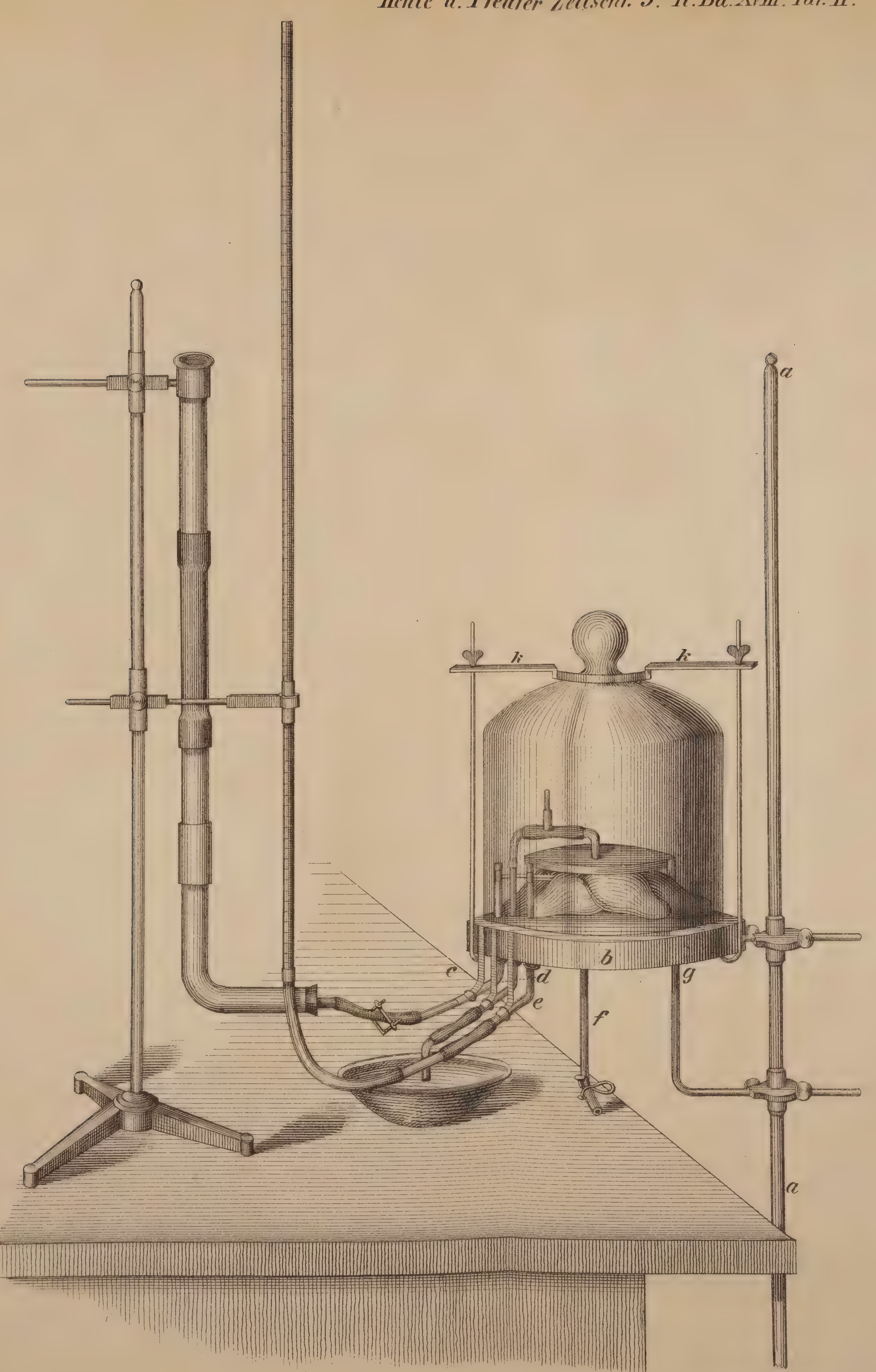
Da nun die mechanische Arbeit nur bis zu einer gewissen Grenze mit der Belastung steigt und jenseits derselben wieder abnimmt, die Ermüdung aber bis zu den höchsten Belastungen immer zunimmt, so spricht auch dies Verhalten dafür, dass die Belastung den Haupteinfluss auf die Ermüdung ausübt. Jedoch lässt sich durch diese Versuche nicht beweisen, dass die Arbeitsleistung keinen Einfluss haben könne. Ich habe auf verschiedene Art versucht, ob sich vielleicht ein einfaches Verhältniss zwischen Arbeitsleistung und Ermüdung in den angeführten Versuchen nachweisen liesse; wie zu erwarten war, ohne den geringsten Erfolg; es gelingt auf keine Weise, einen einfachen Zusammenhang zwischen Arbeit und Ermüdung ausfindig zu machen.

Fasst man die bisher gewonnenen Resultate zusammen, so lässt sich sagen, dass offenbar die Widerstände während oder im Beginn der Zusammenziehung den Haupteinfluss auf die Ermüdung ausüben, und dass der Einfluss der Arbeitsleistung noch zweifelhaft, jedenfalls aber untergeordneter Art ist; dass aber die Belastung nur dann als Ermüdungsursache wirkt, wenn der Muskel während ihrer Einwirkung in den thätigen Zustand übergeht.

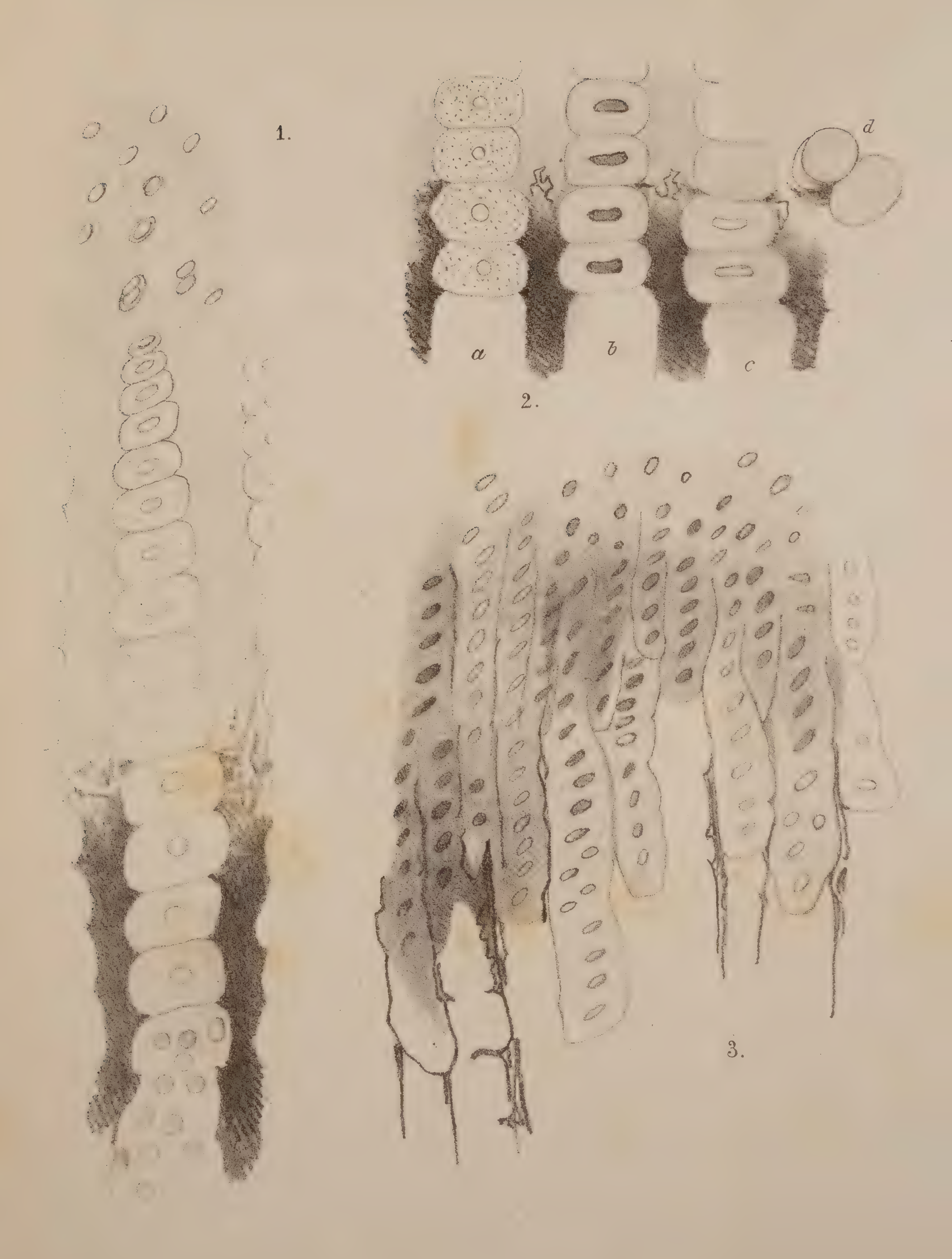
Gedruckt bei E. Polz in Leipzig.



G. A. Roth del. & sc.



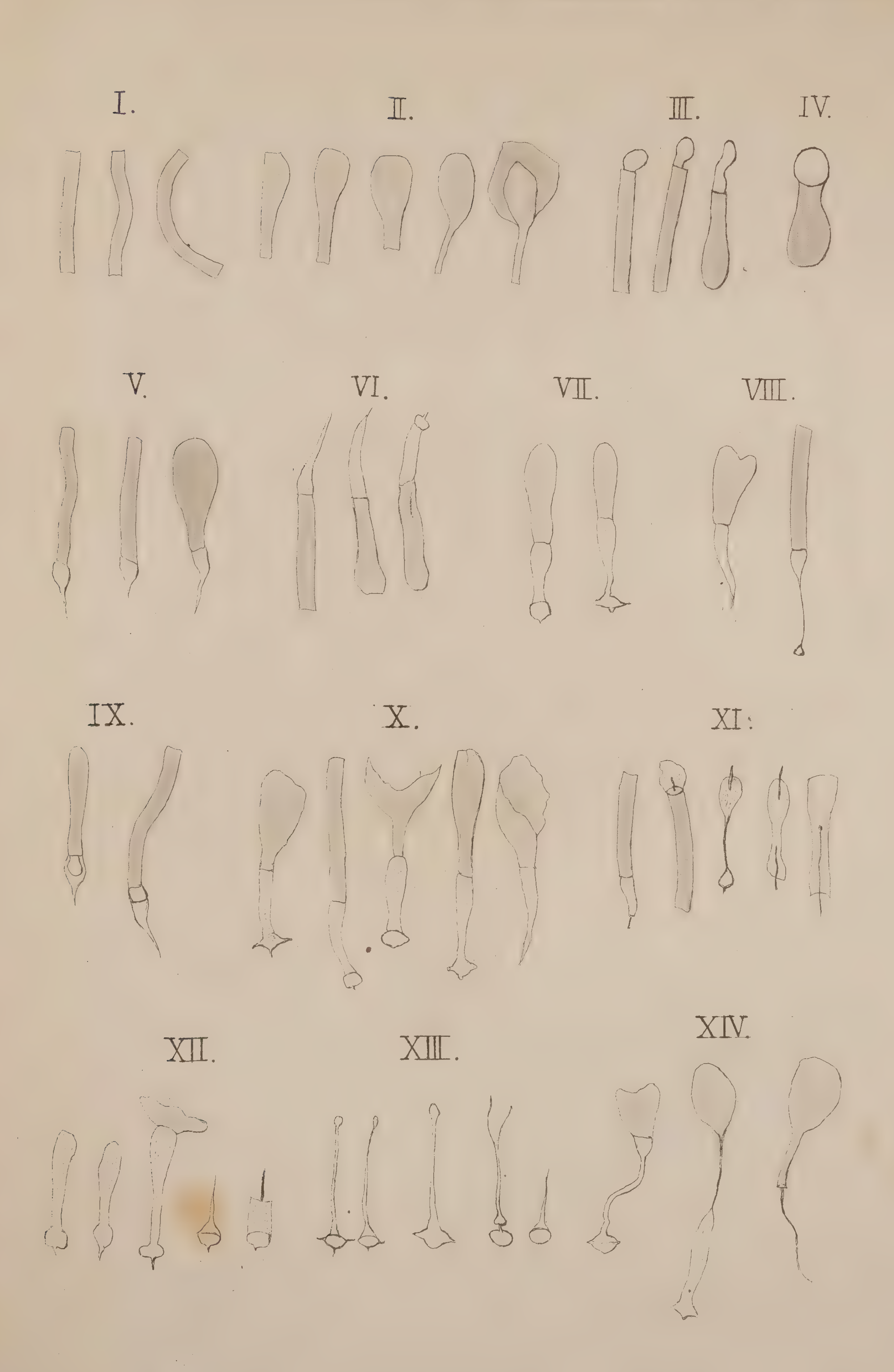
Lith. Anst. v. G. Honig, Göttingen.


1.
a
b
c
d
2.
3.

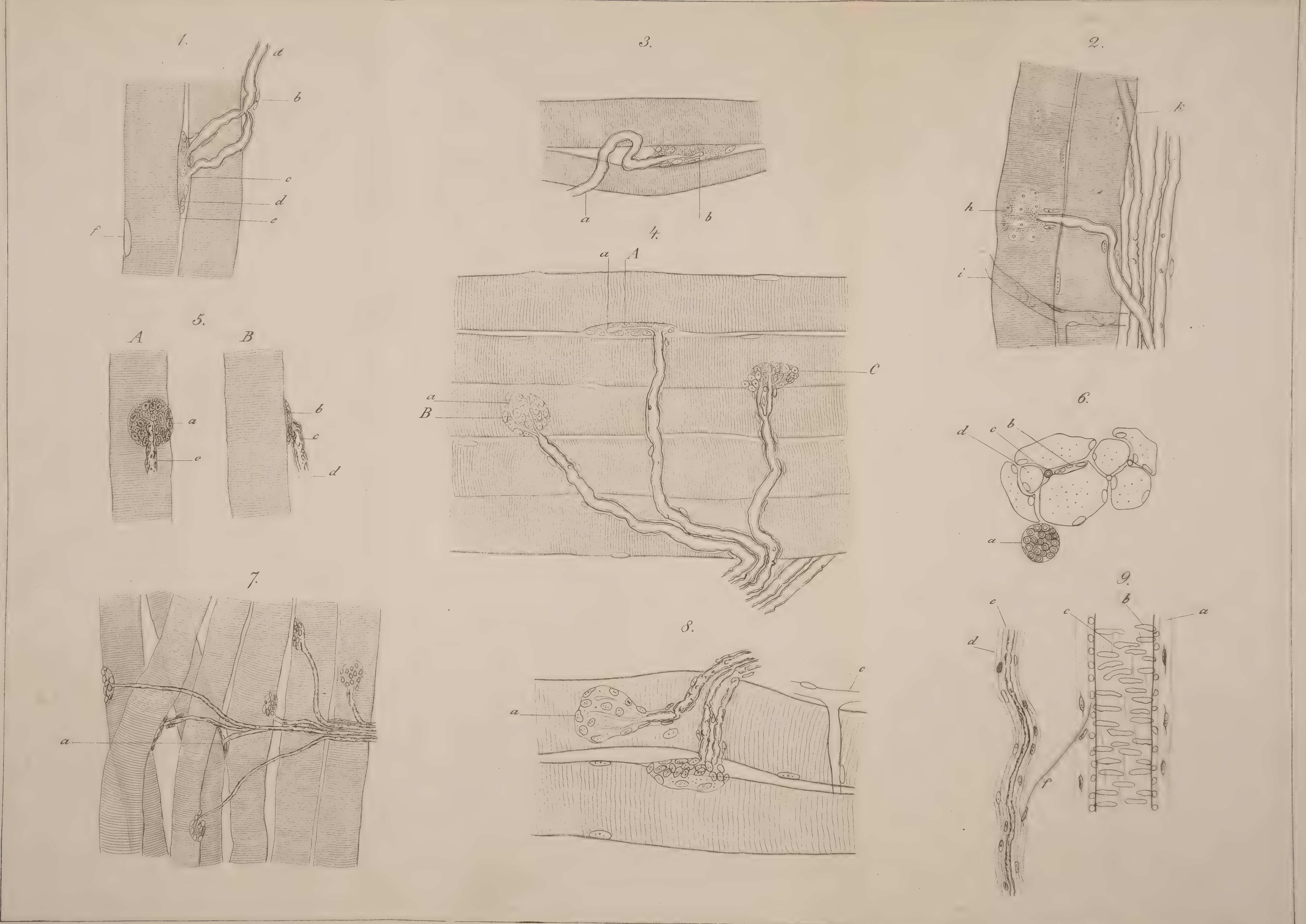
A

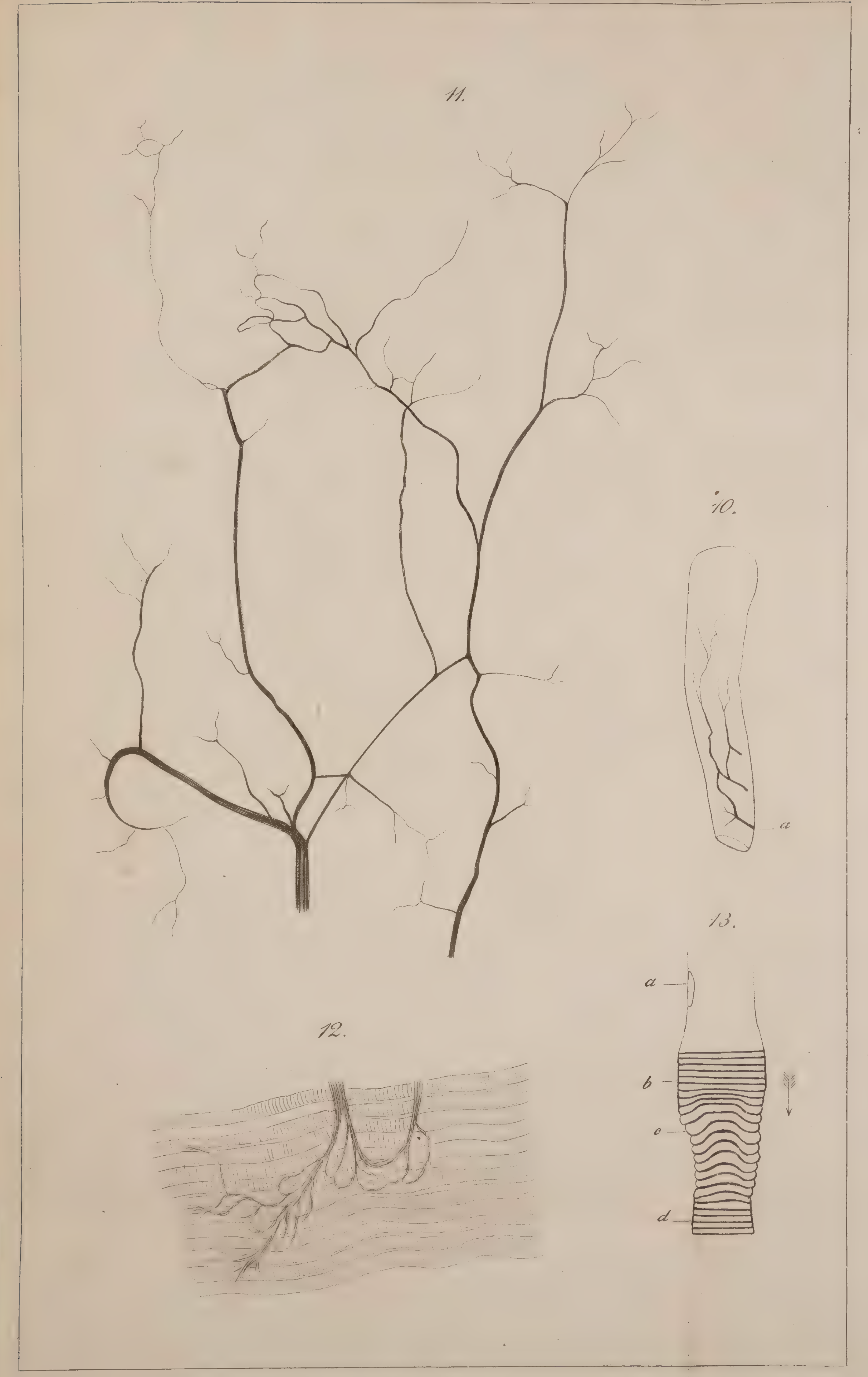
B

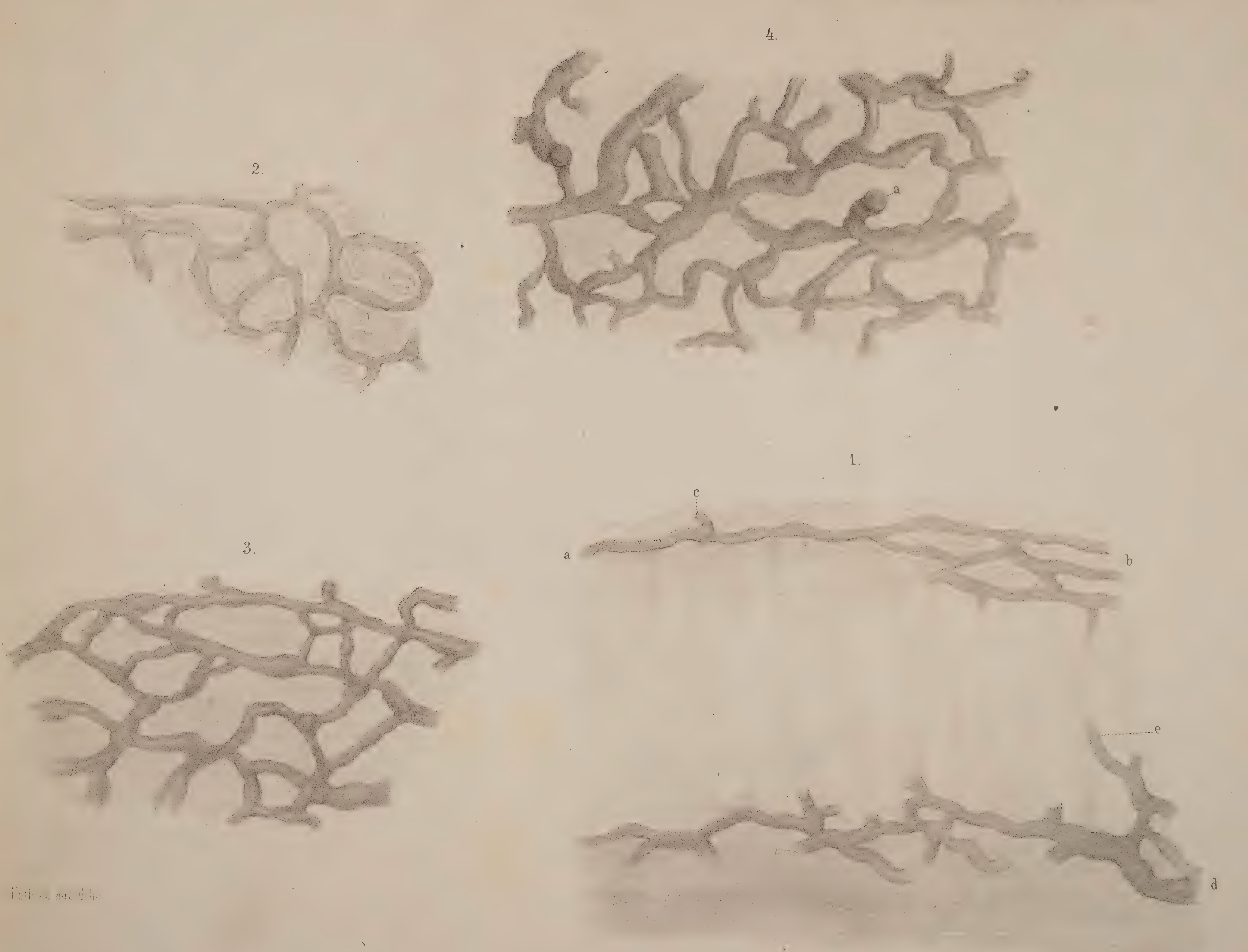
C

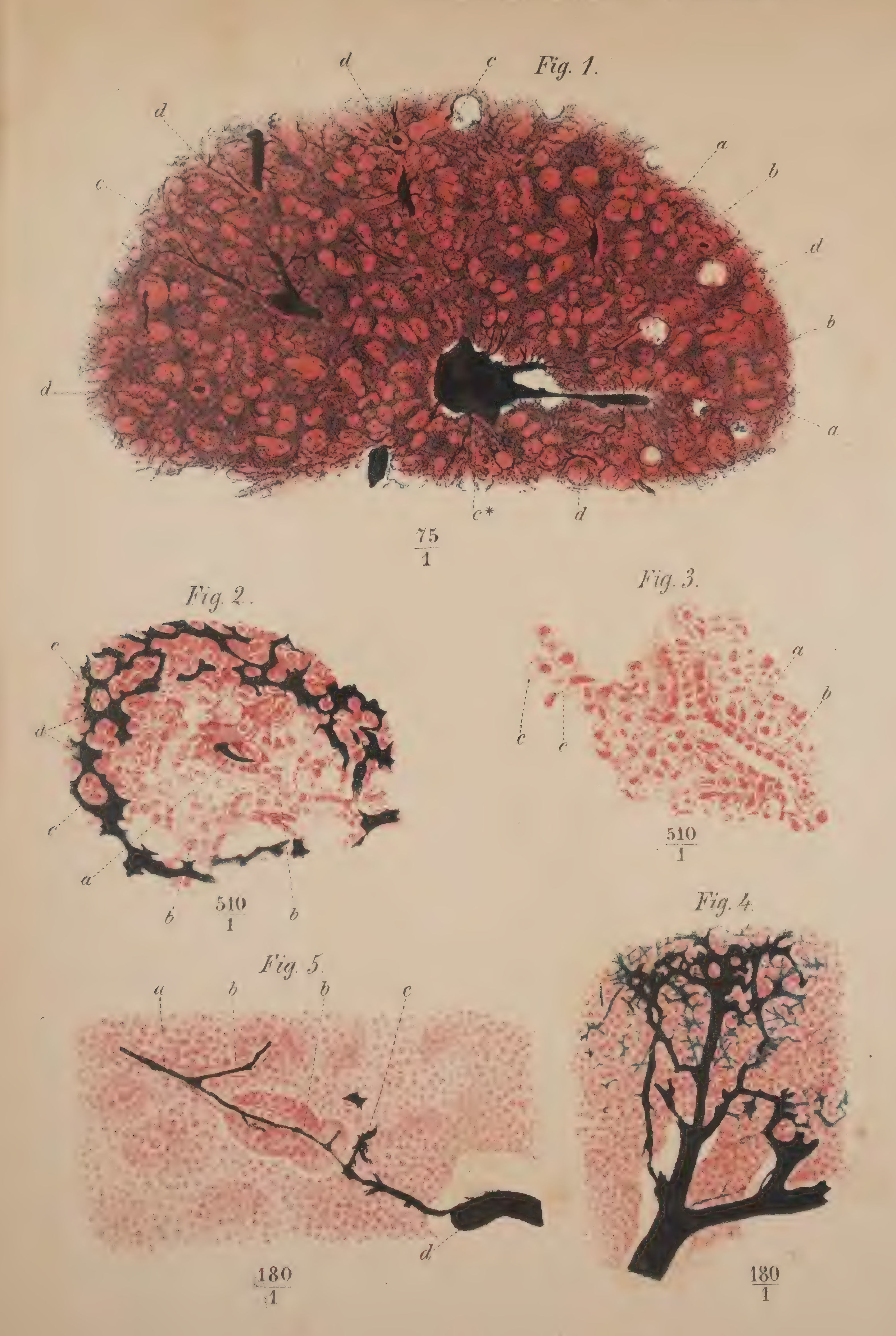


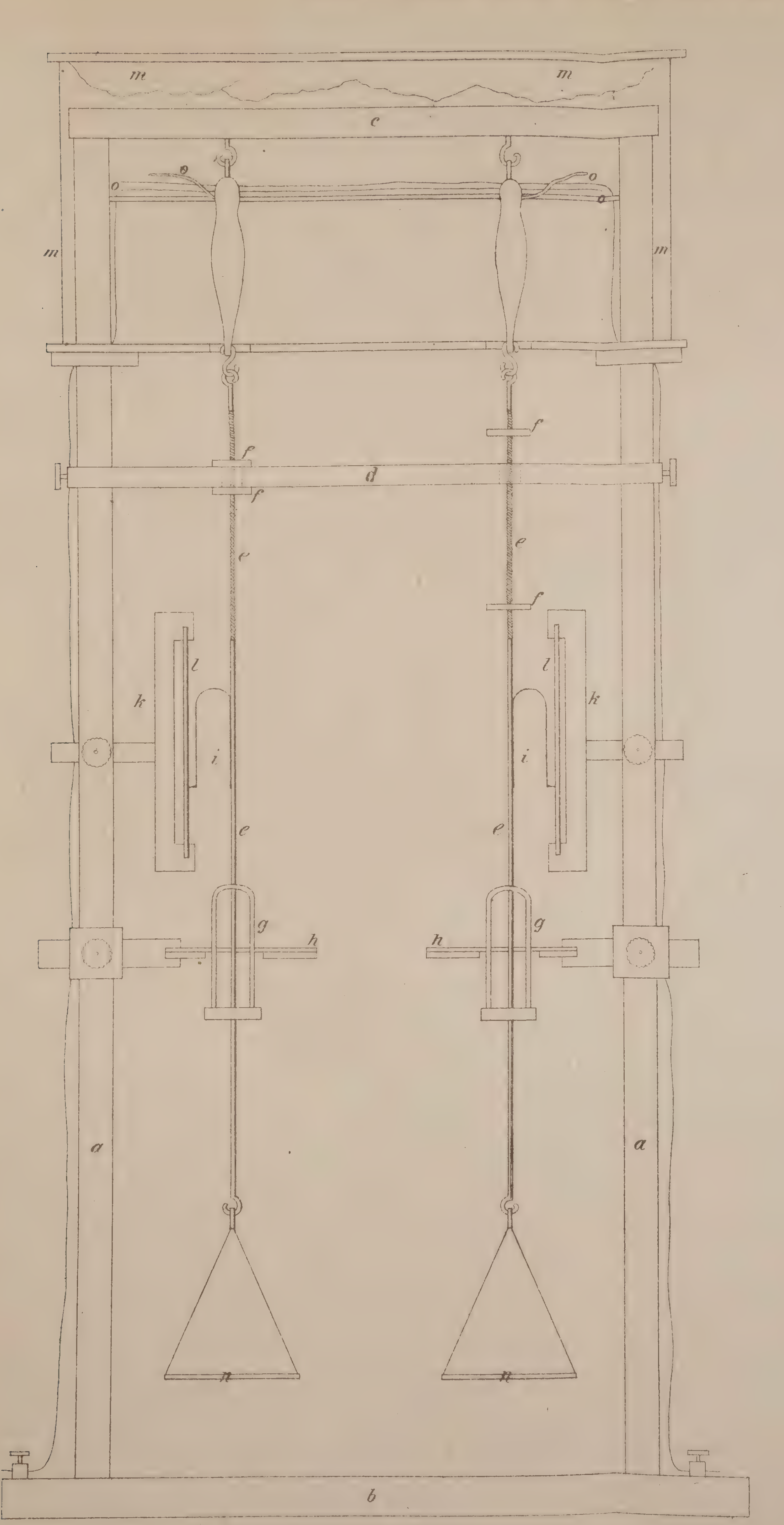
G. A. Roth sc.

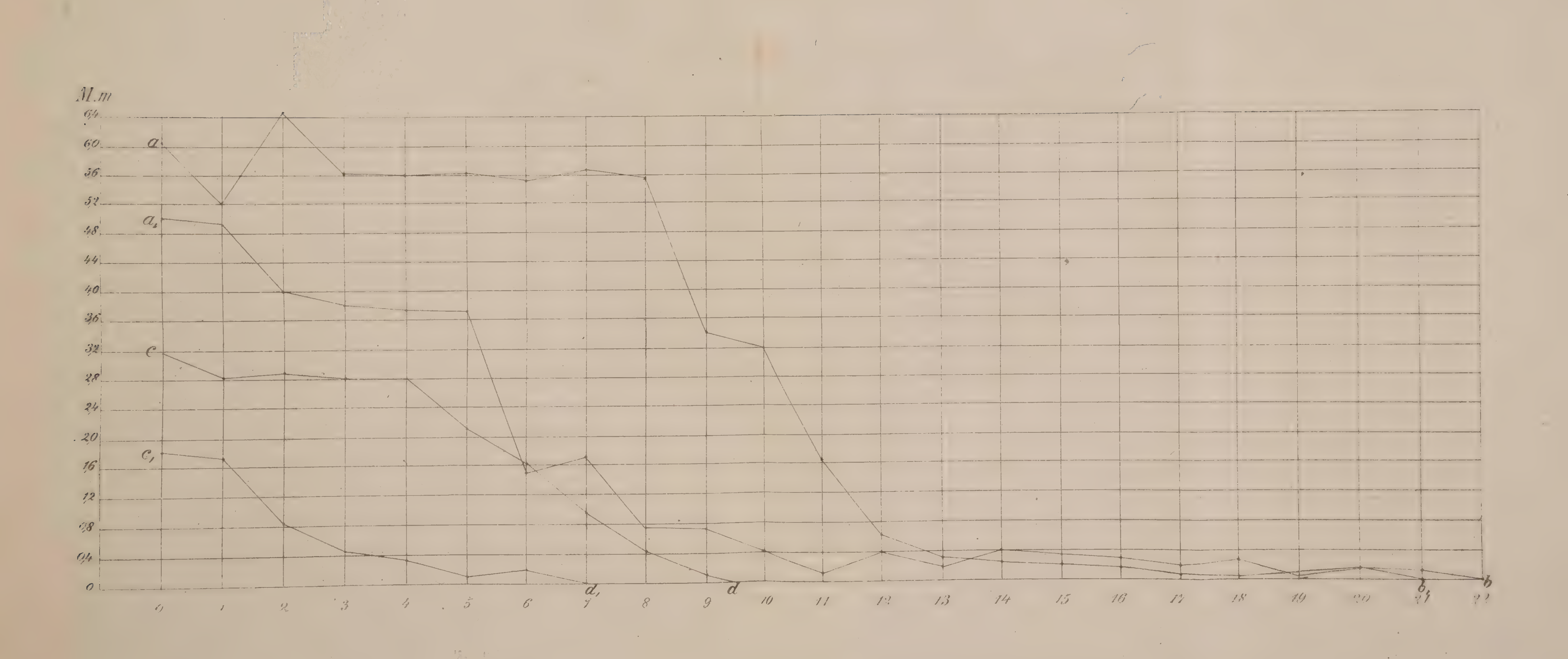

1.
d
b
c
d
e
f
3.
a
b
2.
k
h
i
4.
a
A
C
a
B
5.
A
B
a
c
b
c
d
6.
d
c
b
a
7.
a
8.
a
c
9.
e
d
c
b
a
f


11.
10.
a
13.
a
b
c
d
12.


4.
a
2.
1.
c
a
b
3.
e
d


Fig. 1.
d
c
d
c
a
b
d
b
d
a
c*
d
75/1
Fig. 2.
c
d
c
a
b
510/1
b
Fig. 3.
a
b
c
c
510/1
Fig. 4.
180/1
Fig. 5.
a
b
b
c
d
180/1


m
m
c
o
o
o
o
m
m
f
f
d
f
e
e
f
l
l
k
k
i
i
e
e
g
g
h
h
a
a
n
n
b


M.m
64
60
56
52
48
44
40
36
32
28
24
20
16
12
08
04
0
a
a,
c
c,
d,
d
b,
b
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22